



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 145501**

# **RENCANA DAN PENGOPRASIAN SUDETAN SUNGAI TENGGANG KE BANJIR KANAL TIMUR KOTA SEMARANG DENGAN APLIKASI KOLAM RETENSI**

**MARIA BENEDICTA ARSIDINA**  
**NRP.10111500000029**

**Dosen Pembimbing**  
**Dr. Ir. Suharjoko, MT**  
**NIP. 19560119 198403 1 001**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL**  
**FAKULTAS VOKASI**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
**SURABAYA 2018**



**TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 145501**

**RENCANA DAN PENGOPRASIAN SUDETAN  
SUNGAI TENGGANG KE BANJIR KANAL TIMUR  
KOTA SEMARANG DENGAN APLIKASI KOLAM  
RETENSI**

**MARIA BENEDICTA ARSIDINA  
NRP.10111500000029**

**Dosen Pembimbing  
Dr. Ir. Suharjoko, MT  
NIP. 19560119 198403 1 001**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2018**



**FINAL APPLIED PROJECT PROPOSAL- RC 145501**

# **THE PLAN AND OPERATION OF TENGGANG RIVER SHORTCUT TO EAST FLOOD CANAL SEMARANG CITY WITH THE APLICATION OF RETENTION POND**

**MARIA BENEDICTA ARSIDINA  
NRP.10111500000029**

**Supervisor  
Dr. Ir. Suharjoko, MT  
NIP. 19560119 198403 1 001**

**DIPLOMA III CIVIL ENGINEERING  
CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING  
DEPARTEMENT VOCATIONAL FACULTY  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA 2018**

**LEMBAR PENGESAHAN  
TUGAS AKHIR TERAPAN**

**RENCANA DAN PENGOPERASIAN SUDETAN  
SUNGAI TENGGANG KE BANJIR KANAL TIMUR  
KOTA SEMARANG DENGAN APLIKASI KOLAM  
RETENSI**

Disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Ahli Madya pada:  
Program Studi Diploma Tiga  
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

**Disusun Oleh:  
MAHASISWA**



**MARIA BENEDICTA ARSIDINA**  
**NRP. 101115000029**



**Disetujui Oleh:  
DOSEN PEMBIMBING**

01 AUG 2017

**Dr. Ir. Suharijoko, MT.**  
**NIP. 19560119 198403 1 001**



**BERITA ACARA**  
**TUGAS AKHIR TERAPAN**  
PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI ITS

No. Agenda :  
041523/IT2.VI.8.1/PP.05.02/2018

Tanggal : 10 Juli 2018

Judul Tugas Akhir Terapan	Rencana dan Pengoprasian Sudetan Sungai Tenggang ke Banjir Kanal Timur Kota Semarang Dengan Aplikasi Kolam Retensi		
Nama Mahasiswa	Maria Benedicta Arsidina	NRP	10111500000029
Nama Mahasiswa	-	NRP	-
Dosen Pembimbing 1	Dr. Ir. Suharjo, MT NIP 195601191984031001	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	NIP -	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
..... ..... ..... ..... .....	Dr. Ir. Suharjo, MT NIP 195601191984031001
1. Sempurnakan kembali perencanaan a. pada pengoprasian pompa / sudetan ..... ..... .....	 Ir. Ismail Sa'ud, MMT NIP 196005171989031002
- G Tabel diperbesar, nama tabel Sintas, nama guru sebagai - ada penjelasan tentang Debit pada bagian hilir - Evaluasi Perhitungan Debit pompa (seperuhnya terlalu besar) - Sempurnakan operasional pompa X - Perbaikan daftar pustaka serta abjad - Yang tidak ada di daftar pustaka sebelum laporan karena perlu ditulis di daftar pustaka - Cara mengarahkan aliran ke Sudetan ..... .....	 S. Kamilia Aziz, ST. MT NIP 197712312006042001
..... .....	NIP -

PERSETUJUAN HASIL REVISI			
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
			-
Dr. Ir. Suharjo, MT NIP 195601191984031001	Ir. Ismail Sa'ud, MMT NIP 196005171989031002	S. Kamilia Aziz, ST. MT NIP 197712312006042001	NIP -

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
		-
	Dr. Ir. Suharjo, MT NIP 195601191984031001	NIP -



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**FAKULTAS VOKASI**  
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116  
 Telp. 031-5947837 Fax. 031-5938025  
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

**ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN**

**Nama** : 1 MARIA BENEDICTA ARSIDINA 2  
**NRP** : 1 10111500000029 2  
**Judul Tugas Akhir** : RENCANA DAN PENGOPERASIAN SUDETAN SUNGAI  
 TENGGANG KE BANSIR KANAL TIMUR KOTA SEMARANG  
 DENGAN APLIKASI KOLAM RETENSI  
**Dosen Pembimbing** : Dr. Ir. Suharjo, MT.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1.	15 Feb 2018	- Distribusi frekuensi				
		- Uji kecocokan				
		- Hujan rencana		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	7 Maret 2018	- Kontur				
		- Catchment area				
		- DAS		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	4 April 2018	- Pasang surut air laut		B	C	K
		- Debit banjir		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.	10 Mei 2018	- Pendahuluan hitungan		B	C	K
		- Sudetan, pelimpahan		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.	1 Juni 2018	- Buat hitungan kolam, pompa		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Ket.** :  
 B = Lebih cepat dari jadwal  
 C = Sesuai dengan jadwal  
 K = Terlambat dari jadwal

# **RENCANA DAN PENGOPRASIAN SUDETAN SUNGAI TENGANG KE BANJIR KANAL TIMUR KOTA SEMARANG DENGAN APLIKASI KOLAM RETENSI**

**Nama Mahasiswa : Maria Benedicta Arsidina**  
**NRP : 10111500000029**  
**Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Suharjoko, MT.**  
**NIP : 19560119 198403 1 001**

## **ABSTRAK**

Sungai Tenggang merupakan salah satu sungai di Semarang yang sering meluap. Diduga penyebab genangan akibat banjir hujan lokal dan banjir rob. Hal ini perlu dilakukan kajian untuk menanggulangi permasalahan tersebut. Untuk menanggulangnya perlu diperhitungkan beberapa aspek yaitu aspek hidrologi, aspek hidrolika dan alternatif pemecahan masalah.

Perhitungan debit rencana menggunakan metode nakayasu dengan debit  $Q_{25}$ , dan dihasilkan debit rencana adalah 100 m<sup>3</sup>/detik. Perhitungan kapasitas eksisting sungai Tenggang menggunakan rumus Manning dan dihasilkan kapasitas eksisting adalah 84 m<sup>3</sup>/detik.

Berdasarkan hasil perhitungan, tidak terjadi banjir rob. Untuk mengatasi banjir hujan di bagian hilir, direncanakan sudetan dengan debit 16 m<sup>3</sup>/detik, kolam retensi dengan volume 23.669 m<sup>3</sup> dan 1 pompa dengan debit 3,55 m<sup>3</sup>/detik.

**Kata kunci: Drainase, banjir, sudetan, kolam retensi, pompa.**

# **THE PLAN AND OPERATION OF TENGGANG RIVER SHORTCUT TO EAST FLOOD CANAL SEMARANG CITY WITH THE APPLICATION OF RETENTION POND**

**Student Name** : Maria Benedicta Arsidina  
**NRP** : 10111500000029  
**Supervisor** : Dr. Ir. Suharjoko, MT.  
**NIP** : 19560119 198403 1 001

## **ABSTRACT**

*Tenggang River is one of the rivers located in Semarang that is often overflowing. The caused of the inundation are flood caused by rain and tidal flood. This needs a study to overcome the problem. To overcome it, some aspect such as hydrology, hydraulics, and alternative solutions should be calculated.*

*Debit calculation plan using Nakayasu method with  $Q_{25}$  debit, and the result of the calculation is  $100 \text{ m}^3/\text{s}$ . The calculation result of existing capacity of Tenggang River using the formula of Manning is  $84 \text{ m}^3/\text{s}$ .*

*Based on the calculation result, no tidal flood occurred. To overcome the flood caused by rain in downstream, shortcut is planned with  $16 \text{ m}^3/\text{s}$  as debit, retention pond with 23.669 m as volume, and 1 pump with  $3,55 \text{ m}^3/\text{s}$  as debit.*

***Keywords: Drainage, flood, shortcut, retention pond, pump.***



## KATA PENGANTAR

Segala puji saya panjatkan atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan kasih-Nya saya akhirnya mampu menyelesaikan tugas akhir terapan yang berjudul **“RENCANA DAN PENGOPERASIAN SUDETAN SUNGAI TENGGANG KE BANJIR KANAL TIMUR KOTA SEMARANG DENGAN APLIKASI KOLAM RETENSI”** dengan baik dan dapat di presentasikan dalam sidang tugas akhir terapan.

Dalam menyusun tugas akhir terapan, tidak sedikit kesulitan dan hambatan yang saya alami, namun berkat dukungan, dorongan dan semangat dari orang terdekat, sehingga saya mampu menyelesaikannya. Oleh karena itu pada kesempatan ini saya mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Suharjoko, MT selaku dosen pembimbing Tugas Akhir Terapan yang telah membimbing saya sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir Terapan dengan baik.
2. Bapak dan Ibu dosen yang telah memberikan ilmunya kepada penulis selama perkuliahan.
3. PT. Wijaya Karya (Persero) Tbk – Abdi Mulia KSO selaku kontraktor proyek yang telah memberi data dan mengijinkan saya mengambil data lapangan.
4. Orang tua, keluarga, teman-teman Diploma III Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi ITS dan semua pihak yang telah memberikan semangat, bantuan, dan motivasi bagi saya untuk menyelesaikan Tugas Akhir Terapan ini.

Semoga Tugas Akhir Terapan ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya. Saya menyadari bahwa ini masih banyak kesalahan, maka dari itu saya mengharapkan mohon maaf bila ada yang tidak berkenan dihati pembaca.

Surabaya, 23 Juli 2018

Penulis



*(halaman ini sengaja dikosongkan)*



## **DAFTAR ISI**

ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	viii
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL .....	xvi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1    LATAR BELAKANG.....	1
1.2    RUMUSAN MASALAH .....	1
1.3    TUJUAN .....	2
1.4    BATASAN MASALAH .....	2
1.5    MANFAAT .....	2
1.6    LOKASI .....	3
BAB II KONDISI WILAYAH PERENCANAAN DAN STUDI PERENCANAAN DAN PELAKSANAAN YANG SUDAH DILAKUKAN .....	4
2.1    KONDISI WILAYAH PERENCANAAN.....	4
2.2    STUDI PERENCANAAN DAN PELAKSANAAN DAN PELAKSANAAN YANG SUDAH DILAKUKAN.....	5
BAB III.....	6
METODOLOGI DAN DASAR TEORI .....	6
3.1    METODOLOGI .....	6
3.2    DASAR TEORI.....	7
3.2.1    Curah Hujan Rencana.....	7
3.2.2    Curah Hujan Rencana.....	9

3.2.3	Kesesuaian Distribusi .....	19
3.2.4	Koefisien Pengaliran .....	22
3.2.5	Perhitungan Curah Hujan Jam-Jam an .....	24
3.2.1	Perhitungan Debit Banjir .....	24
3.2.7	Perhitungan Kapasitas Sungai .....	26
3.2.8	Analisa <i>Diversion Pond</i> .....	27
3.2.9	Analisa Pompa .....	29
3.2.10	Analisa Kolam Retensi .....	31
3.2.11	Analisa Pasang Surut Air Laut .....	32
BAB IV .....		33
ANALISA DATA .....		33
4.1	Data Curah Hujan .....	33
4.1.1	Data Curah Hujan Maksimum Tahunan .....	33
4.1.2	Parameter Statistik .....	34
4.1.3	Uji Chi Kuadrat .....	37
4.1.4	Uji <i>Smirnov Kolmogorov</i> .....	40
4.1.5	Curah Hujan Rencana .....	43
4.1.6	Periode Ulang .....	44
4.1.7	Koefisien Pengaliran (C) .....	45
4.1.8	Intensitas Curah Hujan Terpusat .....	47
4.1.9	Hidrograf Banjir Rencana .....	49
4.1.10	Kapasitas Eksisting Sungai Tenggang .....	54
4.2	Data Pasang Surut .....	57
4.3	Analisa <i>Diversion Pond</i> .....	64
4.4	Analisa Sudetan .....	67

4.5	Analisa Pompa.....	68
4.6	Perhitungan Operasi Kolam Retensi.....	70
BAB V .....		76
KESIMPULAN DAN SARAN .....		76
5.1	KESIMPULAN .....	76
5.2	SARAN .....	76
DAFTAR PUSTAKA.....		77
BIODATA PENULIS.....		78

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*





## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi Jawa Tengah .....	4
Gambar 1.2 Lokasi Kota Semarang .....	3
Gambar 2.1 Kondisi Wilayah Perencanaan.....	4
Gambar 3.1 Bagan Metodologi .....	6
Gambar 3.2 Contoh Hidrograf <i>Nakayasayu</i> .....	26
Gambar 3.3 Contoh Penampang Melintang Saluran .....	27
Gambar 3.4 Mercu Bendung Tipe <i>Ooge</i> .....	28
Gambar 3.5 Grafik untuk Mencari Koefisien C .....	29
Gambar 3.6 Contoh Sistem Pompa .....	30
Gambar 3.7 Contoh Grafik <i>Available Curve</i> .....	30
Gambar 3.8 Contoh <i>System Curve</i> .....	31
Gambar 3.9 Contoh Grafik <i>Available Curve</i> dan <i>System Curve</i> .....	31
Gambar 3.7 Skema Simulasi Kapasitas Kolam Retensi .....	32
Gambar 4.1 <i>Catchment Area</i> .....	33
Gambar 4.2 Grafik Polinomial .....	42
Gambar 4.3 Peta Tata Guna Lahan Kota Semarang .....	46
Gambar 4.4 Peta Tata Guna Lahan Lokasi Studi .....	46
Gambar 4.5 Grafik Unit Hidrograf Satuan .....	52
Gambar 4.6 Grafik Hidrograf Banjir Periode Ulang 25 Tahun...54	
Gambar 4.7 Grafik Pasang Surut Air Laut pada Bulan Januari...57	
Gambar 4.8 Grafik Pasang Surut Air Laut pada Bulan Februari.57	
Gambar 4.9 Grafik Pasang Surut Air Laut pada Bulan Maret.....58	
Gambar 4.10 Grafik Pasang Surut Air Laut pada Bulan April....58	
Gambar 4.11 Grafik Pasang Surut Air Laut pada Bulan Mei.....59	
Gambar 4.12 Grafik Pasang Surut Air Laut pada Bulan Juni .....59	
Gambar 4.13 Grafik Pasang Surut Air Laut pada Bulan Juli .....60	
Gambar 4.14 Grafik Pasang Surut Air Laut pada Bulan Agustus.60	
Gambar 4.15 Grafik Pasang Surut Air Laut pada Bulan September .....	61
Gambar 4.16 Grafik Pasang Surut Air Laut pada Bulan Oktober .....	61
Gambar 4.17 Grafik Pasang Surut Air Laut pada Bulan Nopember .....	62

Gambar 4.18 Grafik Pasang Surut Air Laut pada Bulan Desember .....62

Gambar 4.19 Grafik Pasang Surut Air Laut .....63

Gambar 4.20 *Available Curve* .....68

Gambar 4.21 *Operating Point* .....70

Gambar 4.22 Grafik Kapasitas .....71

Gambar 4.22 *Grafik Mass Curve* .....73

## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Nilai k Variabel Gauss .....	11
Tabel 3. 1 Nilai k Variabel Gauss (lanjutan) .....	12
Tabel 3. 2 Reduced Mean ( $Y_n$ ) .....	14
Tabel 3. 3 Reduced Standard Veriate ( $S_n$ ) .....	14
Tabel 3. 4 Reduced Variate .....	15
Tabel 3. 5 Nilai k Distribusi Log Pearson Tipe III untuk Cs Negatif .....	17
Tabel 3. 6 Nilai Kritis untuk Distribusi Chi Kuadrat .....	20
Tabel 3. 6 Nilai Kritis untuk Distribusi Chi Kuadrat (lanjutan) .....	21
Tabel 3. 7 Nilai Kritis Uji Smirnov - Kolmogorov .....	22
Tabel 3. 8 Koefisien Pengaliran .....	23
Tabel 3. 8 Koefisien Pengaliran .....	23

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 LATAR BELAKANG**

Berbagai wilayah di Semarang bagian utara sering terjadi banjir. Banjir ini terdiri dari banjir rob dan banjir akibat hujan lokal. Banjir rob merupakan banjir yang diakibatkan oleh rob, yaitu masuknya air laut akibat elevasi muka air laut yang lebih tinggi dari pada elevasi daratan. Sedangkan banjir akibat hujan lokal merupakan banjir yang terjadi akibat hujan dari wilayah itu sendiri, bukan merupakan banjir kiriman dari wilayah lain.

Di sisi lain, penurunan tanah di kota Semarang yang terus terjadi mengakibatkan elevasi muka tanah daratan semakin menurun. Hal ini mengakibatkan perbedaan elevasi antara muka tanah daratan dengan muka air laut semakin besar. Sehingga banjir rob yang terjadi semakin besar. Permasalahan akan semakin besar jika banjir rob dan banjir hujan lokal terjadi secara bersamaan.

Permasalahan tersebut terjadi di sungai Tenggang. Wilayah sekitar sungai Tenggang berkembang menjadi pabrik dan perumahan. Hal ini mengakibatkan perubahan tata guna lahan. Di dekat sungai Tenggang juga terdapat sungai lain yaitu sungai Banjir Kanal Timur.

Maka untuk mengendalikan banjir di sungai Tenggang bagian hilir ini diperlukan upaya untuk menampung sementara debit banjir sebelum dibuang ke laut melalui Banjir Kanal Timur, untuk itu diperlukan aplikasi kolam retensi. Untuk mengalirkan air tersebut ke kolam retensi dan ke Banjir Kanal Timur direncanakan sudetan dari sungai Tenggang. Oleh karena itu perlu direncanakan dan rencana operasi sudetan dari Sungai Tenggang ke Banjir Kanal Timur dengan aplikasi kolam retensi.

### **1.2 RUMUSAN MASALAH**

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat disusun rumusan masalah sebagai berikut:

1. Berapa debit banjir yang terjadi di Sungai Tenggang?

2. Berapa kapasitas pengendalian banjir di sungai Tenggang dan fasilitasnya?
3. Berapa debit yang harus dialirkan melalui sudetan ke Banjir Kanal Timur?
4. Bagaimana desain kolam retensi untuk mengatasi masalah jika aliran banjir sudetan tidak bisa masuk ke Banjir Kanal Timur secara langsung?

### **1.3 TUJUAN**

Berdasarkan latar belakang tersebut, dapat disusun tujuan sebagai berikut:

1. Menghitung banjir rencana di sungai Tenggang
2. Analisa kapasitas banjir sungai Tenggang yang ada
3. Analisa debit sudetan
4. Desain kolam retensi

### **1.4 BATASAN MASALAH**

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, dapat disusun batasan masalah sebagai berikut:

1. Tidak menghitung kapasitas Banjir Kanal Timur karena dianggap mampu menampung debit air dari kolam retensi.
2. Tidak menghitung stabilitas struktur bangunan.
3. Lokasi yang ditinjau hanya di bagian hilir sungai Tenggang.
4. Tidak menghitung pintu air, karena dianggap mampu mengalirkan seluruh debit air yang direncanakan.

### **1.5 MANFAAT**

Tugas akhir ini diharapkan dapat digunakan sebagai referensi yang dapat digunakan oleh instansi terkait dalam pengoperasian sudetan sungai Tenggang ke Banjir Kanal Timur kota Semarang.



## 1.6 LOKASI

Lokasi studi ini berada di daerah hilir kota Semarang. Peta lokasi studi dapat dilihat pada Gambar 1.1 dan Gambar 1.2.



**Gambar 1.1 Lokasi Jawa Tengah**



**Gambar 1.2 Lokasi Semarang**

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*



## **BAB II**

### **KONDISI WILAYAH PERENCANAAN DAN STUDI PERENCANAAN DAN PELAKSANAAN YANG SUDAH DILAKUKAN**

#### **2.1 KONDISI WILAYAH PERENCANAAN**

Permasalahan banjir di kota Semarang ini disebabkan oleh banjir hujan lokal dan banjir rob. Hujan lokal merupakan hujan yang terjadi di daerah itu sendiri, bukan merupakan banjir yang terjadi akibat hujan dari daerah lain yang mengalir ke daerah tersebut. Sedangkan banjir rob merupakan banjir yang terjadi akibat pasang air laut.

Di sisi lain, banjir ini terjadi akibat meluapnya sungai Tenggang. Meluapnya air sungai Tenggang diduga karena kapasitas tidak mampu menampung air yang melalui sungai tenggang dan karena pengaruh pasang surut.



**Gambar 2.1 Kondisi Wilayah Perencanaan**

## **2.2 STUDI PERENCANAAN DAN PELAKSANAAN DAN PELAKSANAAN YANG SUDAH DILAKUKAN**

Pemilik proyek ini adalah Kementrian Pekerjaan Umum dan Pekerjaan Rakyat BBWS Pemali Juana. Konsultan proyek ini adalah PT. ViramaKarya (Persero) - PT. Hasfarm Dian Konsultan - PT. Daya Cipta Dian Rencana KSO. Kontraktor proyek ini adalah PT. Wijaya Karya (Persero) Tbk – Abdi Mulia KSO. Proyek ini mulai dikerjakan pada bulan Februari tahun 2017 dan diperkirakan akan selesai pada bulan Agustus tahun 2018.

Dalam menangani banjir dan rob yang terjadi di hilir kota semarang ini, beberapa hal telah dilakukan, seperti normalisasi, dan perbaikan parapet. Namun ternyata hal ini tidak bisa menangani permasalahan banjir yang tetap terjadi.

Di dekat pantai pada wilayah tertentu dibangun tanggul rob untuk mencegah agar air rob tidak masuk ke daratan. Tanggul Rob tersebut sudah selesai dibangun seluruhnya.

Namun air masih meluap di sungai Tenggang, sehingga diperlukan tampungan sementara untuk menampung debit banjir di sungai Tenggang. Oleh sebab itu, diperlukan kolam retensi supaya permasalahan banjir teratasi seluruhnya.

## BAB III METODOLOGI DAN DASAR TEORI

### 3.1 METODOLOGI

Untuk melakukan studi rencana dan pengoperasian sudetan sungai Tenggang ke Banjir Kanal Timur kota Semarang dengan aplikasi kolam retensi, diperlukan tahapan sebagai berikut:

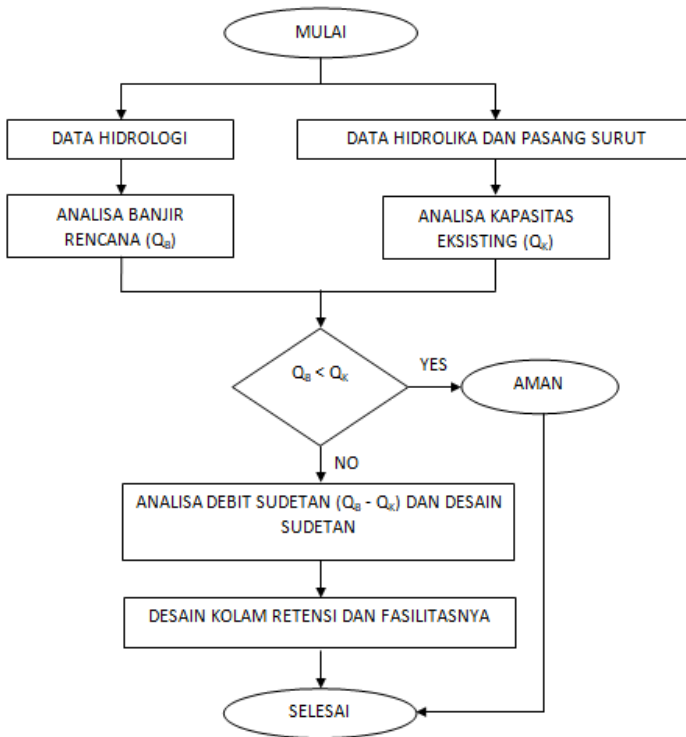
Tahap 1. Analisa Debit Banjir di Sungai Tenggang

Tahap 2. Analisa Kapasitas Sungai Tenggang

Tahap 3. Analisa Debit Sudetan

Tahap 4. Desain Kolam Retensi

Berdasarkan tahapan-tahapan tersebut, dapat disusun metodologi sebagai berikut:



**Gambar 3.1 Bagan Metodologi**

## 3.2 DASAR TEORI

### 3.2.1 Curah Hujan Rencana

Curah hujan diperlukan untuk perancangan suatu pemanfaatan air. Curah hujan yang digunakan bukanlah curah hujan pada suatu titik tertentu, melainkan curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan. Curah hujan ini disebut curah wilayah/daerah dan dinyatakan dalam mm.

Curah hujan daerah harus diperkirakan dari beberapa titik pengamatan curah hujan yang terletak di sekitar daerah yang bersangkutan. Berikut ini adalah cara perhitungan curah hujan :

➤ Cara Rata-Rata Aljabar

Metode perhitungan rata-rata aljabar (*Arithmetic Mean*) adalah cara yang paling sederhana. Metode ini biasanya digunakan untuk daerah yang datar, dengan jumlah pos curah hujan yang cukup banyak dan dengan anggapan bahwa curah hujan di daerah tersebut cenderung bersifat seragam (*uniform distribution*). Curah hujan daerah metode rata-rata aljabar dihitung dengan persamaan:

$$\bar{R} = \frac{1}{n} (R_1 + R_2 + \dots + R_n)$$

Dimana :

$\bar{R}$	:	Curah hujan daerah (mm)
$N$	:	Jumlah titik-titik pengamatan
$R_1 + R_2 + \dots + R_n$	:	Curah hujan ditiap titik pengamatan (mm)

Hasil yang diperoleh dengan cara ini tidak berbeda jauh dari hasil yang didapat dengan cara lain apabila jumlah titik pengamatan banyak dan tersebar seluruh daerah.

➤ Cara *Thiessen* Polygon

Cara ini digunakan apabila titik-titik pengamatan di daerah yang bersangkutan tidak tersebar merata, sehingga perhitungan curah hujan rata-rata dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh dari tiap-tiap pengamatan dengan metode *Thiessen*

*Polygon*. Persamaan perhitungan *Thiessen Polygon* adalah sebagai berikut :

$$\bar{R} = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + A_3 R_3 + \dots + A_n R_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n}$$

dimana :

$\bar{R}$  : curah hujan daerah (mm)

$R$  : curah hujan di tiap titik pengamatan

$n$  : jumlah titik-titik pengamatan

$A$  : bagian daerah yang mewakili tiap titik pengamatan ( $\text{km}^2$ )

Pembagian daerah  $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$  ditentukan dengan cara berikut :

✓ Mencamtumkan titik-titik pengamatan di dalam dan di sekitar DAS (Daerah Aliran Sungai) pada peta topografi skala 1 : 50000, kemudian hubungkan tiap titik yang berdekatan dengan sebuah garis lurus sehingga membentuk jaringan segitiga yang menutupi seluruh DAS.

✓ DAS yang bersangkutan dibagi dalam poligon-poligon yang didapat dengan menggambar garis tegak lurus pada tiap sisi segitiga. Curah hujan dalam tiap poligon itu dianggap diwakili oleh curah hujan dari titik pengamatan dalam poligon itu.

✓ Ukur luas tiap poligon.

Cara *Thiessen* memberikan hasil yang lebih teliti daripada cara rata-rata aljabar, akan tetapi pemilihan titik pengamatan dan ketinggian akan mempengaruhi hasil yang didapat.

➤ Cara *Isohyet*

*Isohyet* adalah garis lengkung yang menghubungkan tempat-tempat kedudukan yang mempunyai curah hujan yang sama. *Isohyet* diperoleh dengan cara menggambar kontur tinggi hujan yang sama, lalu luas area antara garis *ishoyet* yang berdekatan diukur dan dihitung nilai rata-ratanya. Curah hujan daerah metode *Isohyet* dihitung dengan persamaan :

$$d = \frac{\frac{d_0 + d_1}{2} \cdot A_1 + \frac{d_1 + d_2}{2} \cdot A_2 + \dots + \frac{d_{n-1} + d_n}{2} \cdot A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

atau



$$d = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{d_{i-1} + d_i}{2} \cdot A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{d_{i-1} + d_i}{2} \cdot A_i}{A}$$

dimana :

- D : Curah hujan rata-rata areal (mm)  
 $A_1 \dots A_n$  : Luas daerah untuk ketinggian curah hujan  
 Isohyet yang berdekatan ( $\text{km}^2$ )  
 $d_1 \dots d_n$  : Curah hujan di garis Isohyet (mm)  
 A : Luas total ( $A_1 + A_2 + \dots + A_n$ )

### 3.2.2 Curah Hujan Rencana

Analisa frekuensi data hidrologi berfungsi mengetahui besaran peristiwa-peristiwa ekstrim yang berkaitan dengan frekuensi kejadiannya melalui penerapan distribusi. Frekuensi hujan adalah besarnya kemungkinan suatu besaran hujan yang disamai atau dilampaui. Dalam hal ini tidak tergantung pengertian bahwa kejadian tersebut akan berulang secara teratur setiap kala ulang terjadi (Suripin, 2004).

Beberapa parameter yang berkaitan dengan analisa data adalah rata-rata, deviasi standar, koefisien *skewness* (kemencengan), dan koefisien kurtosis yang dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

1. Nilai rata-rata (*Mean*) :

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

2. Deviasi standar (*Standar Deviation*) :

$$S = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \right]^{\frac{1}{2}}$$

3. Koefisien kemencengan (*Coefficient of Skewness*) :

$$Cs = \frac{\alpha}{S^3}$$

4. Koefisien kurtosis (*Coefficient of Kurtosis*) :

$$Ck = \left\{ \frac{n(n+1)}{(n-1)(n-2)(n-3)} \sum \left[ \frac{x_i - \bar{x}}{S} \right]^4 \right\} - \frac{3(n-1)^2}{(n-2)(n-3)}$$

dimana :

$X$  = data dari sample

$\bar{X}$  = nilai rata-rata hitung

$n$  = jumlah pengamatan

Sifat-sifat khas parameter statistik dari masing-masing distribusi teoritis adalah sebagai berikut :

- ✓ Distribusi Normal mempunyai harga  $C_s \approx 0$  dan  $C_k \approx 3$
- ✓ *Log Normal* mempunyai harga  $C_s = 1,139$  dan  $C_k = 3$   $C_v$
- ✓ Distribusi *Gumbel* mempunyai harga  $C_s = 1.139$  dan  $C_k = 5.4$
- ✓ Distribusi *Log Pearson Tipe III* mempunyai harga  $C_s \neq 0$  dan  $C_k$  yang fleksibel

➤ Metode Distribusi Normal

Distribusi Normal dapat disebut juga sebagai *Distribusi Gauss*. Parameter-parameter yang digunakan dalam perhitungan Distribusi Normal adalah sebagai berikut :

1. Nilai rata-rata (*Mean*) :

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{n}$$

2. Deviasi standar (*Standar Deviation*) :

$$S = \left[ \frac{\sum_i^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} \right]^{\frac{1}{2}}$$

3. Koefisien kemencengan (*Coefficient of Skewness*)

$$C_s = \frac{\alpha}{S^3}$$

Dimana:

$$\alpha = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3$$

4. Koefisien kurtosis (*Coefficient of Kurtosis*) :

$$C_k = \left\{ \frac{n(n+1)}{(n-1)(n-2)(n-3)} \sum \left[ \frac{x_i - \bar{x}}{S} \right]^4 \right\} - \frac{3(n-1)^2}{(n-2)(n-3)}$$

Persamaan dasar yang digunakan dalam perhitungan Distribusi Normal adalah :

$$X_{TR} = \bar{x} + k.S$$

dimana :

- $X_{TR}$  : Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T  
 $\bar{x}$  : Nilai rata-rata hitung *variat*  
 $S$  : Deviasi standar nilai *variat*  
 $K$  : Faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau periodeulang dan tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang. Nilai faktor frekuensi dapat dilihat pada tabel *Reduksi Gauss*

**Tabel 3. 1 Nilai k Variabel Gauss**

Periode Ulang T (Tahun)	Peluang	K
1.001	0.999	-3.05
1.005	0.995	-2.58
1.010	0.990	-2.33
1.050	0.950	-1.64
1.110	0.900	-1.28
1.250	0.800	-0.84
1.330	0.750	-0.67
1.430	0.700	-0.52
1.670	0.600	-0.25
2.000	0.500	0.00
2.500	0.400	0.25
3.330	0.300	0.52
4.000	0.250	0.67
5.000	0.200	0.84
10.000	0.100	1.28

**Tabel 3. 2 Nilai k Variabel Gauss (lanjutan)**

Periode Ulang T (Tahun)	Peluang	K
20.000	0.050	1.64
50.000	0.020	2.05
100.000	0.010	2.33
200.000	0.005	2.58
500.000	0.002	2.88
1000.000	0.001	3.09

(Soewarno, 1995)

➤ Metode Distribusi *Gumbel*

Parameter yang akan digunakan dalam perhitungan Distribusi Gumbel adalah:

1. Nilai rata-rata (*Mean*) :

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

2. Deviasi standar (*Standar Deviation*) :

$$S = \left[ \frac{\sum_i^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} \right]^{\frac{1}{2}}$$

3. Koefisien kemencengan (*Coefficient of Skewness*)

$$Cs = \frac{\alpha}{S^3}$$

Dimana:

$$\alpha = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3$$

4. Koefisien kurtosis (*Coefficient of Kurtosis*) :

$$Ck = \left\{ \frac{n(n+1)}{(n-1)(n-2)(n-3)} \sum \left[ \frac{x_i - \bar{x}}{S} \right]^4 \right\} - \frac{3(n-1)^2}{(n-2)(n-3)}$$

Bentuk persamaan dasar yang digunakan dalam perhitungan Distribusi *Gumbel* adalah :

$$X = \bar{X} + k \cdot S$$

$$Y_{Tr} = -\text{Ln} \left( \text{Ln} \left( \frac{T}{T-1} \right) \right)$$

$$K = \frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n}$$

dimana :

$X$  : curah hujan periode ulang

$\bar{X}$  : rata-rata nilai  $X$  hasil pengamatan

$S$  : deviasi standar nilai  $X$  hasil pengamatan

$K$  : faktor sifat dari Distribusi Pearson Tipe III yang merupakan fungsi daribesarnya CS dan peluang.

$Y_n$  : *reduced mean* yang tergantung pada jumlah sample atau data  $n$

$S_n$  : *reduced standard deviation* yang juga tergantung pada jumlah sampel

$Y_{Tr}$  : *reduced variate*

**Tabel 3. 3 Reduced Mean ( $Y_n$ )**

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.4952	0.4996	0.5035	0.507	0.51	0.5128	0.5157	0.5181	0.5202	0.522
20	0.5236	0.5252	0.5268	0.5283	0.5296	0.5309	0.532	0.5332	0.5343	0.5353
30	0.5362	0.5371	0.538	0.5388	0.8396	0.5403	0.541	0.5418	0.5424	0.5436
40	0.5436	0.5442	0.5448	0.5453	0.5458	0.5463	0.5468	0.5473	0.5477	0.5481
50	0.5485	0.5489	0.5493	0.5497	0.5501	0.5504	0.5508	0.5511	0.5515	0.5518
60	0.5521	0.5524	0.5527	0.553	0.5533	0.5535	0.5538	0.554	0.5543	0.5545
70	0.5548	0.555	0.5552	0.5555	0.5557	0.5559	0.5561	0.5563	0.5565	0.5567

**Tabel 3. 4 Reduced Standard Veriate ( $S_n$ )**

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.9496	0.9676	0.9833	0.9971	1.0095	1.0206	1.0316	1.0411	1.0493	1.0565
20	1.0628	1.0696	1.0754	1.0811	1.0864	1.0915	1.0961	1.1004	1.1047	1.108
30	1.1124	1.1159	1.1193	1.1226	1.1255	1.1285	1.1313	1.1339	1.1363	1.1388
40	1.1413	1.1436	1.1458	1.148	1.1499	1.1519	1.1538	1.1557	1.1574	1.159
50	1.1607	1.1623	1.1638	1.1658	1.1667	1.1681	1.1696	1.1708	1.1721	1.1734
60	1.1747	1.1759	1.177	1.1782	1.1793	1.1803	1.1814	1.1824	1.1834	1.1844
70	1.1854	1.1863	1.1873	1.1881	1.189	1.1898	1.1906	1.1915	1.1923	1.193

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*





**Tabel 3. 5 Reduced Variate**

Tr	Reduced Variate, $Y_{Tr}$
2	0,3668
5	1,5004
10	2,2510
20	2,9709
25	3,1993
50	3,9028
75	4,3117
100	4,6012
200	5,2969
250	5,5206
500	6,2149
1000	6,9087
5000	8,5188
10000	9,2121

➤ Metode Distribusi *Log Pearson* Tipe III

Perhitungan distribusi harus dilakukan dengan mengubah nilai variat X menjadi nilai logaritmik variat X. Berikut adalah parameter-parameter yang digunakan dalam perhitungan Distribusi *Log Pearson* Tipe III.

1. Nilai rata-rata (*Mean*) :

$$\overline{\text{Log } X} = \frac{\sum \text{Log } x}{n}$$

2. Deviasi standar (*Standar Deviation*) :

$$S \overline{\text{Log } X} = \sqrt{\frac{\sum (\text{Log } X - \overline{\text{Log } X})^2}{n-1}}$$

3. Koefisien kemencengan (*Coefficient of Skewness*) :

$$Cs = \frac{\sum (\text{Log } X - \overline{\text{Log } X})^3 \cdot n}{(n-1)(n-2)S \overline{\text{Log } X}^3}$$

4. Koefisien kurtosis (*Coefficient of Kurtosis*) :

$$Ck = \frac{\sum (\text{Log } X - \overline{\text{Log } X})^4 \cdot n^2}{(n-1)(n-2)(n-3) \cdot S^4}$$

Persamaan dasar yang digunakan dalam perhitungan Distribusi *Log Pearson* Tipe III adalah :

$$\text{Log } X = \overline{\text{Log } X} + k \cdot \overline{S \text{ Log } X}$$

dimana :

- Log X : Nilai logaritmik variat X pada periode ulang atau peluang tertentu
- $\overline{\text{Log } X}$  : Rata-rata nilai logaritmik X hasil pengamatan
- $\overline{S \text{ Log } X}$  : Deviasi standar nilai logaritmik X hasil pengamatan
- K : Faktor sifat dari Distribusi *Log Pearson* Tipe III. Nilai k dapat dibaca pada Tabel 3.4. Nilai k Distribusi *Log Pearson* Tipe III dari Log Pearson Tipe III untuk Cs Negatif dan Tabel 3.5 Nilai k Distribusi *Log Pearson* Tipe III untuk Cs Positif

**Tabel 3. 6 Nilai k Distribusi *Log Pearson Tipe III* untuk Cs Negatif**

Cs	Periode Ulang (tahun)							
	1.0101	1.25	2	5	10	25	50	100
	Persentase Peluang Terlampaui							
	99	80	50	20	10	4	2	1
0.0	-2.326	-0.842	0.000	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326
-0.2	-2.472	-0.830	0.033	0.850	1.270	1.680	1.945	2.178
-0.4	-2.615	-0.816	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029
-0.6	-2.755	-0.800	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880
-0.8	-2.891	-0.780	0.132	0.856	1.166	1.488	1.606	1.733
-1.0	-3.022	-0.758	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588
-1.2	-3.149	-0.732	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449
-1.4	-3.271	-0.705	0.225	0.832	1.041	1.198	1.270	1.318
-1.6	-3.388	-0.675	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197
-1.8	-3.499	-0.643	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087
-2.0	-3.605	-0.609	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990
-2.2	-3.705	-0.574	0.330	0.752	0.844	0.888	0.900	0.905
-2.4	-3.800	-0.537	0.351	0.725	0.795	0.823	0.830	0.832
-2.6	-3.889	-0.499	0.368	0.696	0.747	0.764	0.768	0.769
-2.8	-3.973	-0.460	0.384	0.666	0.702	0.712	0.714	0.714
-3.0	-4.051	-0.420	0.396	0.636	0.666	0.666	0.666	0.667

**Gambar 3. 5 Tabel Nilai k Distribusi *Log Pearson Tipe III* untuk Cs Positif**

Cs	Periode Ulang (tahun)							
	1.0101	1.25	2	5	10	25	50	100
	Persentase Peluang Terlampaui							
	99	80	50	20	10	4	2	1
0.0	2.326	2.054	1.751	1.282	0.842	0.000	-0.842	-2.326
0.2	2.472	2.159	1.818	1.301	0.830	0.033	-0.850	-2.178
0.4	2.615	2.261	1.880	1.317	0.816	0.066	-0.855	-2.029
0.6	2.755	2.359	1.939	1.328	0.800	0.099	-0.857	-1.880
0.8	2.891	2.453	1.993	1.336	0.780	0.132	-0.856	-1.733
1.0	3.022	2.542	2.043	1.340	0.758	0.164	-0.852	-1.588
1.2	3.149	2.626	2.087	1.340	0.732	0.195	-0.844	-1.449
1.4	3.271	2.706	2.128	1.337	0.705	0.225	-0.832	-1.318
1.6	3.388	2.780	2.163	1.329	0.675	0.254	-0.817	-1.197
1.8	3.499	2.848	2.193	1.318	0.643	0.282	-0.799	-1.087
2.0	3.605	2.912	2.219	1.302	0.609	0.307	-0.777	-0.990
2.2	3.705	2.970	2.240	1.284	0.574	0.330	-0.752	-0.905
2.4	3.800	3.023	2.256	1.262	0.537	0.351	-0.725	-0.832
2.6	3.889	3.071	2.267	1.238	0.499	0.368	-0.696	-0.769
2.8	3.973	3.114	2.275	1.210	0.460	0.384	-0.666	-0.714
3.0	4.051	3.125	2.278	1.180	0.420	0.396	-0.636	-0.667

### 3.2.3 Kesesuaian Distribusi

Pengujian parameter kecocokan distribusi frekuensi digunakan untuk menguji kecocokan (*goodness of fit*) distribusi frekuensi data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut. Pengujian parameter yang sering dipakai adalah :

- *Chi-Kuadrat*
- *Smirnov-Kolmogorov*

➤ Uji *Chi-Kuadrat* (*Chi-Square*)

Uji kecocokan *Chi-Kuadrat* mengambil keputusan dengan menggunakan parameter  $X^2$ , oleh karena itu disebut dengan uji *Chi-Kuadrat*. Dalam buku Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Jilid 1 (Soewarno, 1995) disebutkan bahwa parameter  $X^2$  dapat dihitung dengan rumus :

$$X_h^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

$$X_h^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

dimana :

- $X_h^2$  : parameter *Chi-Kuadrat* terhitung
- G : jumlah sub grup
- $O_i$  : jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke – i
- $E_i$  : jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke – i

Prosedur uji *Chi-Kuadrat* adalah sebagai berikut :

1. Urutkan data pengamatan (dari besar ke kecil atau sebaliknya),
2. Kelompokkan data menjadi G sub grup. Untuk menentukan banyaknya sub grup dapat dipakai persamaan berikut :  

$$G = I + 3.322 \log n$$
3. Menentukan derajat kebebasan  $dk = G - R - I$   
 (nilai  $R = 2$  untuk distribusi normal dan binomial, dan  $R = 1$  untuk distribusi *Poisson*),
4. Jumlahkan data pengamatan sebesar  $O_i$  untuk tiap-tiap sub grup,
5. Jumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar  $E_i$ ,

6. Tiap-tiap sub-grup hitung nilai :

$$(O_i - E_i)^2 \text{ dan } \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Jumlahkan seluruh G sub grup nilai  $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$  untuk menentukan nilai *Chi-Kuadrat* hitung  $X_h^2$

7. Perhitungan distribusi akan dapat diterima apabila  $X_h^2 < X^2$  dimana :

$X_h^2$  : Parameter *Chi-Kuadrat* terhitung

$X^2$  : Nilai kritis berdasarkan derajat kepercayaan dan derajat kebebasan

Nilai derajat kepercayaan berdasarkan dari derajat kebebasan, dapat dilihat pada tabel Nilai Kritis untuk Distribusi *Chi-Kuadrat* (Uji Satu Sisi) berikut ini.

**Tabel 3. 7 Nilai Kritis untuk Distribusi *Chi Kuadrat***

Dk	Derajat Kepercayaan ( $\alpha$ )							
	0.995	0.99	0.975	0.95	0.05	0.025	0.01	0.005
1	0.00003	0.00015	0.00098	0.0039	3.841	5.024	6.635	7.879
2	0.0100	0.0201	0.0506	0.103	5.991	7.378	9.21	10.597
3	0.0717	0.115	0.216	0.352	7.815	9.348	11.345	12.838
4	0.207	0.297	0.484	0.711	9.488	11.143	13.277	14.860
5	0.412	0.554	0.831	1.145	11.070	12.832	15.086	16.750
6	0.676	0.872	1.237	1.635	12.592	14.449	16.812	18.548
7	0.989	1.239	1.690	2.167	14.067	16.013	18.475	20.278
8	1.344	1.646	2.180	2.733	15.507	17.535	20.090	21.955
9	1.735	2.088	2.700	3.325	16.919	19.023	21.666	23.589
10	2.156	2.558	3.247	3.940	18.307	20.483	23.209	25.188
11	2.603	3.053	3.816	4.575	19.675	21.920	24.725	26.757
12	3.074	3.571	4.404	5.226	21.026	23.337	26.217	28.300
13	3.565	4.107	5.009	5.892	22.362	24.736	27.688	29.819
14	4.075	4.660	5.629	6.571	23.685	26.119	29.141	31.319
15	4.601	5.229	6.262	7.261	24.996	27.488	30.578	32.801
16	5.142	5.812	6.908	7.962	26.296	28.845	32.000	34.267

**Tabel 3. 8 Nilai Kritis untuk Distribusi *Chi Kuadrat* (lanjutan)**

17	5.697	6.408	7.564	8.672	27.587	30.191	33.409	35.718
18	6.265	7.015	8.231	9.390	28.869	31.526	34.805	37.156
19	6.844	7.633	8.907	10.117	30.144	32.852	36.191	38.582
20	7.434	8.260	9.591	10.851	31.410	34.170	37.566	39.997
21	8.034	8.897	10.283	11.591	32.671	35.479	38.932	41.401
22	8.643	9.542	10.982	12.338	33.924	36.781	40.289	42.796
23	9.260	10.196	11.689	13.091	36.172	38.076	41.638	44.181
24	9.886	10.856	12.401	13.848	36.415	39.364	42.980	45.558
25	10.520	11.524	13.120	14.611	37.652	40.646	44.314	46.928
26	11.160	12.198	13.844	15.379	38.885	41.923	45.642	48.290
27	11.808	12.879	14.573	16.151	40.113	43.194	46.963	49.645
28	12.461	13.565	15.308	16.928	41.337	44.461	48.278	50.993
29	13.121	14.256	16.047	17.708	42.557	45.722	49.588	52.336
30	13.787	14.953	16.791	18.493	43.773	46.979	50.892	53.672

➤ Uji *Smirnov-Kolmogorov*

Uji kecocokan *Smirnov-Kolmogorov*, disebut juga uji kecocokan non parametrik karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Berikut ini adalah prosedurnya :

1. Urutkan data (dari besar ke kecil atau sebaliknya) dan tentukan besarnya peluang dari masing-masing data tersebut,

X1	P(X1)
X2	P(X2)
Xm	P(Xm)
Xn	P(Xn)

2. Tentukan nilai masing-masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data (persamaan distribusinya),

X1	P'(X1)
X2	P'(X2)
Xm	P'(Xm)
Xn	P'(Xn)

3. Dari kedua nilai peluang tersebut tentukan selisih terbesarnya (nilai maksimum) antara peluang pengamatan dengan peluang teoritisnya,

$$D = |P(X_m) - P'(X_m)|$$

dimana :

$D$  : selisih / simpangan antara peluang pengamatan dan peluang distribusi teoritis

$P(X_m)$  : peluang pengamatan dari data

$P'(X_m)$  : peluang distribusi teoritis

4. Berdasarkan tabel nilai kritis (*Smirnov-Kolmogorov Test*) tentukan harga  $D_0$ . Apabila  $D$  lebih kecil dari  $D_0$  maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima, apabila  $D$  lebih besar dari  $D_0$  maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi tidak dapat diterima.

**Tabel 3. 9 Nilai Kritis Uji Smirnov - Kolmogorov**

N	Derajat Kepercayaan ( $\alpha$ )			
	0.20	0.10	0.05	0.01
5	0.45	0.51	0.56	0.67
10	0.32	0.37	0.41	0.49
15	0.27	0.3	0.34	0.40
20	0.23	0.26	0.29	0.36
25	0.21	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.22	0.24	0.29
35	0.18	0.20	0.23	0.27
40	0.17	0.19	0.21	0.25
45	0.16	0.18	0.20	0.24
50	0.15	0.17	0.19	0.23
N > 50	$\frac{1.63}{N^{0.5}}$	$\frac{1.07}{N^{0.5}}$	$\frac{1.22}{N^{0.5}}$	$\frac{1.36}{N^{0.5}}$

### 3.2.4 Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran (*Run Off Coefficient*) adalah perbandingan antara jumlah air hujan yang mengalir atau melimpas di atas permukaan tanah (*Surface Run Off*) dengan jumlah air hujan yang jatuh dari atmosfer. Nilai koefisien pengaliran berkisar antara 0 sampai dengan 1 dan bergantung dari jenis tanah, jenis vegetasi, karakteristik tataguna lahan dan konstruksi yang ada dipermukaan tanah seperti jalan aspal, atap



bangunan dan lain-lain yang menyebabkan air hujan tidak dapat sampai secara langsung ke permukaan tanah sehingga tidak dapat berinfiltrasi maka akan menghasilkan limpasan permukaan hampir 100 % (Wesli, 2008).

**Tabel 3. 10 Koefisien Pengaliran**

Tipe Daerah Aliran	Keterangan	Harga C
Perumputan	Tanah pasir, datar 2%	0,05 - 0,10
	Tanah pasir, rata-rata 2-7%	0,10 – 0,15
	Tanah pasir, curam 7%	0,15 – 0,20
	Tanah gemuk, datar 2%	0,13 – 0,17
	Tanah gemuk, rata-rata 2-7%	0,18 – 0,22
	Tanah gemuk, curam 7%	0,25 – 0,35
Business	Daerah kota lama	0,75 – 0,95
	Daerah pinggiran	0,50 – 0,70
Perumahan	Daerah “single family”	0,30 – 0,50
	“multi units”, terpisah-pisah	0,40 – 0,60
	“multi units”, tertutup	0,60 – 0,75
	“suburban”, daerah perumahan apartemen	0,25 – 0,40
Industri	Daerah ringan	0,50 – 0,80
	Daerah berat	0,60 – 0,90
Pertamanan, kuburan		0,10 – 0,25
Tempat bermain		0,20 – 0,35
Halaman kereta api		0,20 – 0,40
Daerah yang tidak dikerjakan		0,10 – 0,30
Jalan	Beraspal	0,70 – 0,95
	Beton	0,80 – 0,95
	Batu	0,70 – 0,85

**Tabel 3. 11 Koefisien Pengaliran**

Tipe Daerah Aliran	Keterangan	Harga C
Untuk berjalan dan naik kuda		0,75 – 0,85
Atap		0,75 – 0,95

Sumber: Wesli, 2008

### 3.2.5 Perhitungan Curah Hujan Jam-Jam an

Perhitungan curah hujan jam-jam an dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menghitung Rasio Curah Hujan

Menghitung rasio curah hujan digunakan rumus sebagai berikut:

$$R_t = \left(\frac{1}{T}\right) \left(\frac{T}{t}\right)^{2/3}$$

Dengan:

- $R_t$  : Rasio curah hujan  
 $T$  : Waktu hujan terpusat (jam)  
 $t$  : Waktu (jam)

2. Menghitung Rasio Distribusi Curah Hujan

Menghitung rasio distribusi dengan rumus:

$$R_{d_t} = (t \times R_t) - (t-1 \times R_{t-1})$$

Dengan:

- $R_{d_t}$  : Rasio distribusi pada jam ke-t  
 $R_t$  : Rasio pada jam ke  
 $R_{t-1}$  : Rasio pada jam ke-t-1

3. Menghitung Curah Hujan Jam-Jam an

Menghitung curah hujan dari t-1 ke t dengan rumus:

$$R_{t-1-t} = R_{d_t} \times R_{eff}$$

Dengan:

- $R_{t-1-t}$  : Curah hujan dari jam ke-t-1 sampai jam ke-t  
 $R_{d_t}$  : Rasio curah hujan pada jam ke-t  
 $R_{eff}$  : Curah hujan efektif (mm)

### 3.2.1 Perhitungan Debit Banjir

Perhitungan debit banjir rencana menggunakan Metode *Nakayasu*. Untuk penentuan hidrograf satuan Metode *Nakayasu* dalam perencanaannya memerlukan beberapa parameter daerah alirannya sebagai berikut :

1. Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak hidrograf (*Time to Peak Magnitude*)
2. Tenggang waktu dari titik berat hujan sampai titik berat hidrograf (*Time Lag*)

3. Tenggang waktu hidrograf (*Time Base of Hydrograph*)
4. Luas daerah alisan sungai (*Catchment Area*)
5. Panjang alur sungai utama terpanjang (*Length of The Longest Channel*)
6. Koefisien pengaliran  
*Soemarto (1999)* menyebutkan bahwa secara umum, metode *Nakayasu* dirumuskan sebagai berikut :

$$Q_P = \frac{A \cdot R_0}{3,6 \cdot (0,3T_P + T_{0,3})}$$

Keterangan :

- $Q_P$  : Debit puncak banjir ( $m^3/detik$ )  
 $A$  : Luas DAS ( $km^2$ )  
 $R_0$  : Hujan satuan (mm)  
 $T_P$  : Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)  
 $T_{0,3}$  : Waktu yang diperlukan untuk penurunan debit, dari debitpuncak sampaimenjadi 30% dari debit puncak (jam)

Untuk mendapatkan  $T_P$  dan  $T_{0,3}$  digunakan rumus empiris sebagai berikut :

$$T_P = t_g + 0,8 t_r$$

$$T_{0,3} = \alpha \cdot t_g$$

- Sungai dengan panjang kurang dari 15 km  
 $t_g = 0,21L^{0,7}$
- Sungai dengan panjang lebih dari 15 km  
 $t_g = (0,40) + (0,058 L)$

dimana :

- $L$  : Panjang sungai ( $km$ )  
 $t_g$  : Waktu konsentrasi pada daerah pengaliran (jam)  
 $t_r$  : Satuan waktu hujan atau *Time Duration* (jam)  
 $\alpha$  : Koefisien pembandingan

Untuk mencari besarnya koefisien pembandingan ( $\alpha$ ) digunakan:  
 $\alpha = 1.5$  untuk bagian naik hidrograf yang lambat dan bagian menurun yang cepat

$\alpha = 2$  untuk daerah aliran biasa

$\alpha = 3$  untuk bagian naik hidrograf yang cepat dan bagian menurun yang lambat

Persamaan unit hidrograf :

- Pada kurva naik ( $0 < t < t_p$ )

$$Q = \left(\frac{t}{T_p}\right)^{2,4} \cdot Q_p$$

- Pada kurva turun [ $T_p < t < (T_p + T_{0,3})$ ]

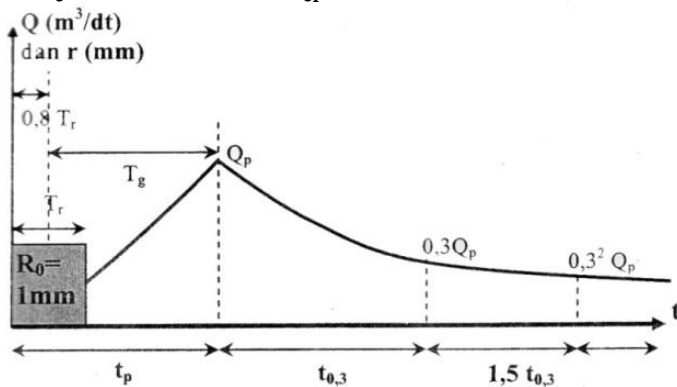
$$Q = 0,3 \left(\frac{t-T_p}{T_{0,3}}\right) \cdot Q_p$$

- Pada kurva turun [ $T_p + T_{0,3} < t < (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$ ]

$$Q = 0,3 \left(\frac{t-T_p+0,5T_{0,3}}{1,5 T_{0,3}}\right) \cdot Q_p$$

- Pada kurva turun [ $t > (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$ ]

$$Q = 0,3 \left(\frac{t-T_p+1,5T_{0,3}}{2,5 T_{0,3}}\right) \cdot Q_p$$



**Gambar 3. 2 Contoh Hidrograf Nakayasu**

### 3.2.7 Perhitungan Kapasitas Sungai

Perhitungan kapasitas sungai ini digunakan dalam perhitungan kapasitas debit eksisting sungai. Perhitungan kapasitas saluran menggunakan rumus manning. Perhitungan kapasitas saluran dilakukan dengan mencari elevasi muka air dengan bantuan program *Microsoft Excel*.

$$Q = v A$$

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2}$$

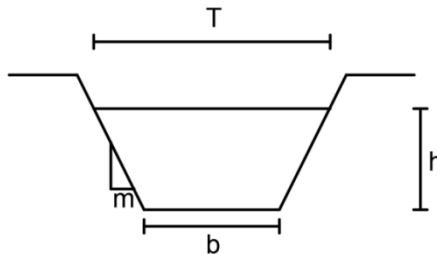
$$R = \frac{A}{P}$$

$$A = (b + mh)h$$

$$P = b + 2h\sqrt{1 + m^2}$$

Dimana:

- Q = debit saluran (m<sup>3</sup>/detik)
- n = koefisien manning
- v = kecepatan (m/detik)
- A = potongan melintang (m<sup>2</sup>)
- R = keliling basah (m)
- b = lebar dasar (m)
- h = tinggi air (m)
- I = kemiringan muka air

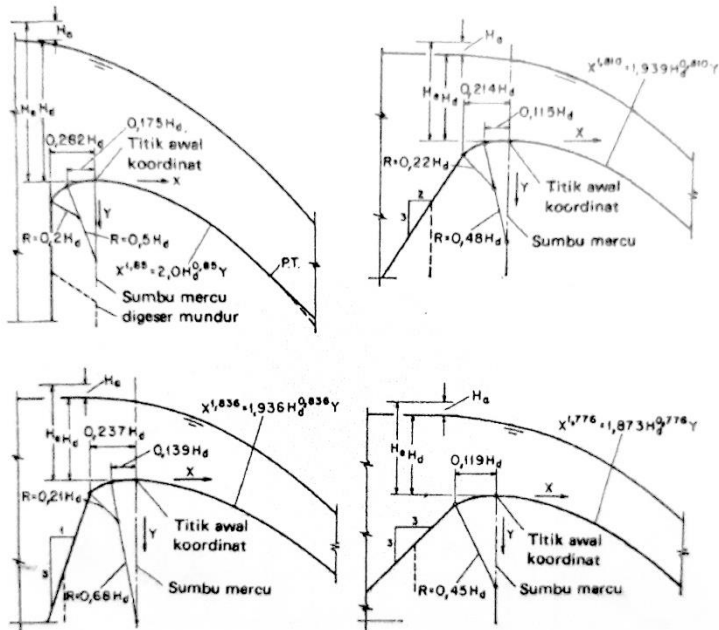


**Gambar 3. 3 Contoh Penampang Melintang**

### 3.2.8 Analisa *Diversion Pond*

*Diversion pond* berfungsi untuk melimpaskan debit banjir ke sudetan. *Diversion pond* merupakan bangunan yang terdiri dari pelimpah dan kolam. Untuk ukuran kolamnya tidak ada persyaratan khusus. Kolam hanya berfungsi untuk menyesuaikan lebar bendung dengan saluran yang dituju.

Pelimpah samping digunakan untuk melimpaskan debit banjir dari sungai ke sudetan. Dalam tugas akhir ini, pelimpah yang digunakan adalah bendung tipe *Ogee*. Berbagai macam bentuk mercu bendung tipe *Ogee* disajikan pada Gambar.



**Gambar 3. 4 Mercu Bendung Tipe Ogee**

Debit pelimpah dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

1. Menghitung Luas (A)
2. Menghitung Kecepatan (v)
3. Menghitung Tinggi Kecepatan

$$A = b \times (h + H_d)$$

$$v = Q/A$$

$$H_a = v^2/2g$$

4. Menghitung  $h/H_d$

Apabila  $h/h_d$  lebih besar daripada 1,33 maka  $h/h_d$  dianggap sama dengan 1

5. Menghitung  $H_e$

$$H_e = H_d + H_a$$

6. Menghitung  $H_e/H_d$

7. Mencari  $C/C_d$

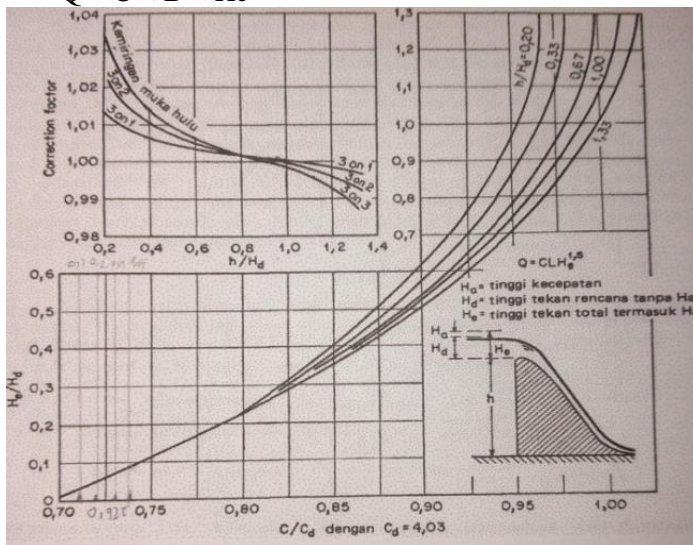
Nilai  $C/C_d$  dicari pada tabel

8. Menghitung  $C$

$$C = \frac{C/C_d}{C_d}$$

9. Menghitung Q

$$Q = C \times B \times H_e^{1.5}$$



**Gambar 3. 5 Grafik untuk Mencari Koefisien C**

### 3.2.9 Analisa Pompa

Pemilihan pompa ditentukan oleh *Operating System Point*. *Operating System Point* merupakan titik operasi pompa. Titik ini merupakan titik pertemuan antara *Available Curve* dengan *System Curve*. *Available Curve* sesuai dengan spesifikasi pabrik. Sedangkan *System Curve* didesain sesuai dengan kebutuhan perencanaan. *Total Head* untuk *System Curve* dihitung dengan rumus:

$$H = S_c H + D_s H + h_f$$

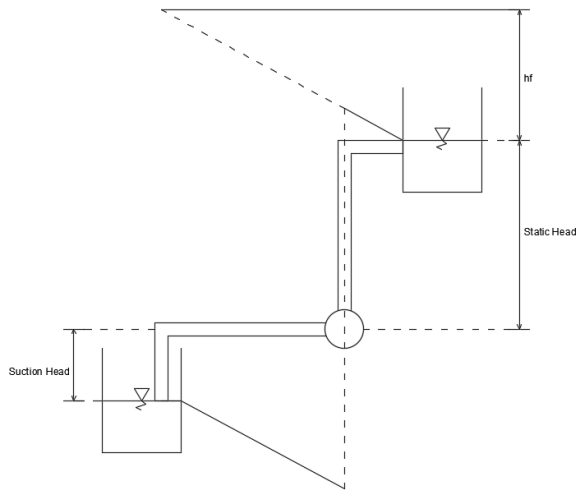
Dimana:

$H$  : Total Head System Curve (m)

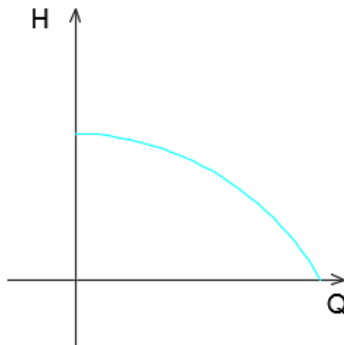
$Suc H$  : Suction Head (m)

$Dis H$  : Discharge Head (m)

$H_f$  : Kehilangan energi (m)

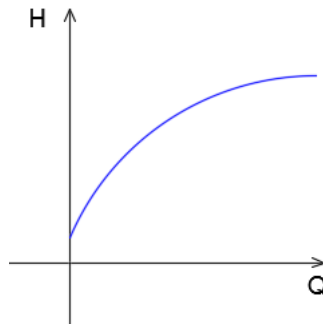


**Gambar 3. 6 Contoh Sistem Pompa**

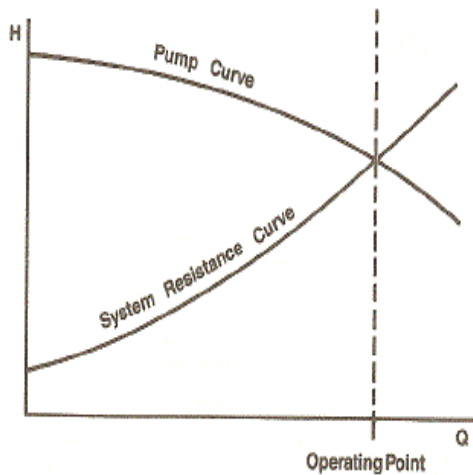


**Gambar 3. 7 Contoh Grafik Available Curve**





**Gambar 3. 8 Contoh Grafik System Curve**



**Gambar 3. 9 Contoh Grafik Available Curve dan System Curve**

### 3.2.10 Analisa Kolam Retensi

Volume kolam retensi dihitung dengan rumus:

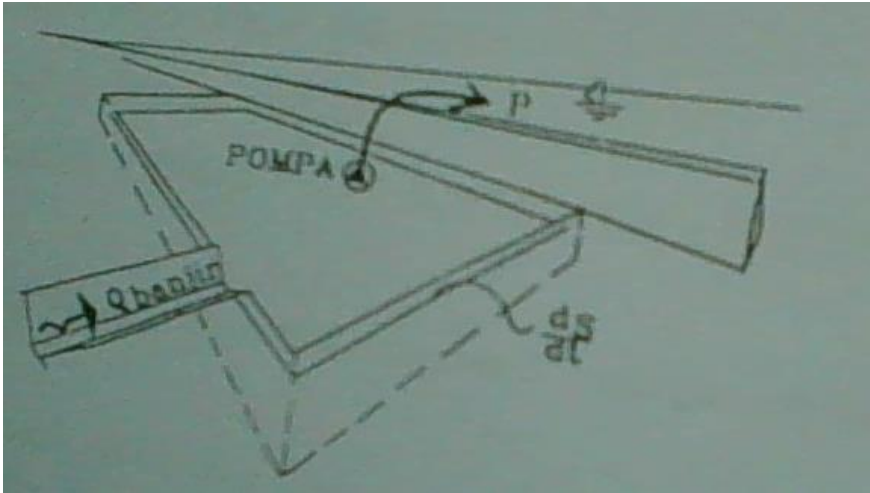
$$S = V_{in} - V_{out}$$

Dimana :

$S$  : Storage (volume kolam retensi)

$V_{in}$  : Volume *Inlet* (masuk dari banjir)

$V_{out}$  : Volume Keluar (pompa)



**Gambar 3. 10 Skema Simulasi Kapasitas Kolam Retensi**  
(Sumber: Hindarko, 2000).

### 3.2.11 Analisa Pasang Surut Air Laut

Analisa pasang surut air laut digunakan untuk mengetahui pengaruh pasang surut air laut terhadap sistem drainase yang ditinjau. Perhitungan pasang surut air laut menggunakan Metode *Sinusoidal* dengan rumus sebagai berikut:

$$h = \text{MSL} + \frac{H}{2} \times (\sin \pi \cdot 2 \cdot t/T)$$

dimana:

- $h$  : Tinggi muka air laut (m)
- $\text{MSL}$  : *Mean Sea Level*
- $H$  : Tinggi (m)
- $T$  : Waktu (jam)
- $T$  : Periode (jam)
- $\text{MSL}$  :  $\frac{H}{2} + H_{\min}$
- $H$  :  $H_{\max} - H_{\min}$
- $H_{\max}$  : Pasang tertinggi dalam satu tahun
- $H_{\min}$  : Surut terendah dalam satu tahun

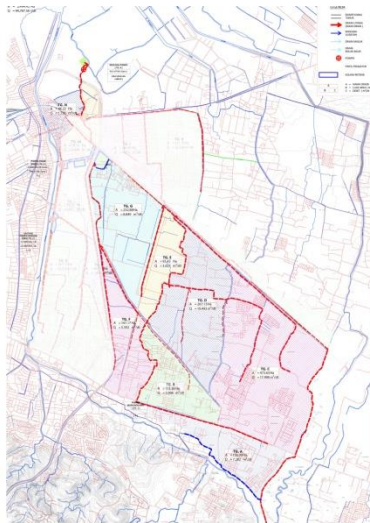
## **BAB IV**

### **ANALISA DATA**

#### **4.1 Data Curah Hujan**

Data curah hujan diperlukan untuk menghitung curah hujan rencana sebagai acuan perencanaan. Pada Tugas Akhir ini, digunakan data curah hujan dalam kurun waktu 20 tahun dari tahun 1998 hingga tahun 2017.

Berdasarkan data yang didapat, ada satu stasiun curah hujan yang dianggap dapat mewakili curah hujan pada DAS Sungai Tenggang, yaitu Stasiun Curah Hujan Maritim Tanjung Mas.



**Gambar 4.1 *Catchment Area***

##### **4.1.1 Data Curah Hujan Maksimum Tahunan**

Pada perhitungan digunakan data curah hujan maksimum tahunan Stasiun Meteorologi Maritim Tanjung Mas, yang dianggap mampu mewakili curah hujan di Sungai Tenggang.

**Tabel 4. 1 Data Curah Hujan Maksimum Tahunan**

Tahun	Curah Hujan (mm)
1998	95.8
1999	93.4
2000	122
2001	96
2002	67.5
2003	99.4
2004	78.1
2005	59.8
2006	149.6
2007	78.4
2008	96.1
2009	104.5
2010	168.6
2011	89
2012	96
2013	84
2014	120.5
2015	119.4
2016	74
2017	99.5

*Sumber: BMKG Kota Semarang*

#### **4.1.2 Parameter Statistik**

Berdasarkan data tersebut diatas, dapat dilakukan perhitungan selanjutnya sebagai berikut:

**Tabel 4. 2 Parameter Statistik**

No	Tahun	$X_i$	$(X_i - \bar{X})$	$(X_i - \bar{X})^2$	$(X_i - \bar{X})^3$	$(X_i - \bar{X})^4$
1	2010	168.6	69.02	4763.76	328794.74	22693413.15
2	2006	149.6	50.02	2502.00	125150.06	6260006.00
3	2000	122	22.42	502.66	11269.56	252663.46
4	2014	120.5	20.92	437.65	9155.56	191534.37
5	2015	119.4	19.82	392.83	7785.94	154317.29
6	2009	104.5	4.92	24.21	119.10	585.95
7	2017	99.5	-0.08	0.01	0.00	0.00
8	2003	99.4	-0.18	0.03	-0.01	0.00
9	2008	96.1	-3.48	12.11	-42.14	146.66
10	2001	96	-3.58	12.82	-45.88	164.26
11	2012	96	-3.58	12.82	-45.88	164.26
12	1998	95.8	-3.78	14.29	-54.01	204.16
13	1999	93.4	-6.18	38.19	-236.03	1458.66
14	2011	89	-10.58	111.94	-1184.29	12529.76
15	2013	84	-15.58	242.74	-3781.83	58920.96
16	2007	78.4	-21.18	448.59	-9501.19	201235.14
17	2004	78.1	-21.48	461.39	-9910.67	212881.10
18	2016	74	-25.58	654.34	-16737.93	428156.12
19	2002	67.5	-32.08	1029.13	-33014.37	1059101.15
20	2005	59.8	-39.78	1582.45	-62949.80	2504142.94
				8.53E-		
Jumlah			1991.6	14	13243.93	344770.93

*Sumber: hasil perhitungan*

1. Nilai rata-rata (*Mean*) :

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{\sum 1991,6}{20}$$

$$\bar{x} = 99,58$$

2. Deviasi standar (*Standar Deviation*) :

$$S = \left[ \frac{\sum_i^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$S = \sqrt{\frac{8.53E - 14}{20 - 1}}^{\frac{1}{2}}$$

$$S = 26,4017$$

3. Menghitung Cv

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}}$$

$$Cv = \frac{26,4017}{99,58}$$

$$Cv = 0,26513$$

4. Koefisien kemencengan (*Coefficient of Skewness*) :

$$Cs = \frac{n \cdot \sum (\text{Log } X - \text{Log } \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3}$$

$$Cs = \frac{20 \cdot 13243.93}{19 \cdot 18.26,4017^3}$$

$$Cs = 1.095568$$

5. Koefisien kurtosis (*Coefficient of Kurtosis*) :

$$Ck = \frac{n^2 \cdot \sum (\text{Log } X - \text{Log } \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3) \cdot S^4}$$

$$Ck = \frac{20^2 \cdot 344770.93}{19 \cdot 18 \cdot 17 \cdot 26,4017^4}$$

$$Ck = 4.818823$$

**Tabel 4. 3 Hasil Perhitungan Parameter Statistik Data**

Distribusi	Syarat	Hasil	Keterangan
Normal	$Cs \approx 0$	$Cs = 1,096$	Tidak
	$Ck \approx 3$	$Ck = 4,819$	memenuhi
Log Normal	$Ck = 3Cv$	$Ck = 18 \text{ } Cv$	Tidak
	$Cs = 1,139$	$Cs = 1,096$	memenuhi
Gumbel	$Cs = 1,139$	$Cs = 1,096$	Tidak
	$Ck = 5,4$	$Ck = 4,819$	memenuhi
Log Person Tipe III	$Cs \neq 0$	$Cs = 1,096$	Memenuhi

*Sumber: Hasil Perhitungan*

### 4.1.3 Uji Chi Kuadrat

Uji Chi Kuadrat dihitung dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menentukan jumlah kelas (G)

$$G = 1 + 3.322 \cdot \log(n)$$

$$G = 1 + 3.322 \cdot \log(20)$$

$$G = 5,322 \approx 5$$

Karena jumlah kelas adalah 5, maka dicari batas kelas untuk interval 100% : 5 = 20% yaitu 20%, 40%, 60%, 80%

$$0 < X \leq P20\%$$

$$P20\% < X < P40\%$$

$$P40\% < X < P60\%$$

$$P60\% < X < P80\%$$

$$X \geq P80\%$$

**Tabel 4. 4 Perhitungan Parameter Metode Distribusi *Log Pearson* Tipe III**

No	Tahun	Xi	Log X	$\frac{(\text{Log } X - \text{Log } \bar{X})^2}{\text{Log } \bar{X}}$	$\frac{(\text{Log } X - \text{Log } \bar{X})^3}{\text{Log } \bar{X}}$	$\frac{(\text{Log } X - \text{Log } \bar{X})^4}{\text{Log } \bar{X}}$
1	2005	59.8	1.777	-0.208	0.043	-0.009
2	2002	67.5	1.829	-0.155	0.024	-0.004
3	2016	74	1.869	-0.116	0.013	-0.002
4	2004	78.1	1.893	-0.092	0.008	-0.001
5	2007	78.4	1.894	-0.090	0.008	-0.001
6	2013	84	1.924	-0.060	0.004	0.000
7	2011	89	1.949	-0.035	0.001	0.000
8	1999	93.4	1.970	-0.014	0.000	0.000
9	1998	95.8	1.981	-0.003	0.000	0.000
10	2001	96	1.982	-0.002	0.000	0.000
11	2012	96	1.982	-0.002	0.000	0.000
12	2008	96.1	1.983	-0.002	0.000	0.000
13	2003	99.4	1.997	0.013	0.000	0.000
14	2017	99.5	1.998	0.013	0.000	0.000
15	2009	104.5	2.019	0.034	0.001	0.000
16	2015	119.4	2.077	0.092	0.009	0.001
17	2014	120.5	2.081	0.096	0.009	0.001
18	2000	122	2.086	0.102	0.010	0.001
19	2006	149.6	2.175	0.190	0.036	0.007
20	2010	168.6	2.227	0.242	0.059	0.014
Jumlah			39.695	0.000	0.227	0.008

2. Mencari nilai rata-rata dari Log X

$$\overline{\text{Log } X} = \frac{\sum \text{Log } x}{n}$$

$$\overline{\text{Log } X} = \frac{39,70}{20}$$

$$\overline{\text{Log } X} = 1,98$$

3. Mencari nilai simpangan baku untuk Log X

$$S \text{ Log } X = \sqrt{\frac{\sum (\text{Log } X - \overline{S \text{ Log } X})^2}{n-1}}$$

$$S \text{ Log } X = \sqrt{\frac{0,227}{19}}$$

$$S \text{ Log } X = 1,98$$

4. Mencari nilai Cs untuk mencari nilai K

$$Cs = \frac{n \cdot \sum (\text{Log } X - \overline{\text{Log } X})^3}{(n-1)(n-2)S^3}$$

$$Cs = \frac{20 \cdot 0,008}{19 \cdot 18 \cdot 1,98^3}$$

$$Cs = 0,346$$

5. Mencari nilai K untuk tiap peluang dengan Cs = 0,346

Nilai K dicari dengan menggunakan interpolasi dari tabel K untuk *Log Pearson Tipe III*

**Tabel 4. 5 Nilai K untuk Berbagai Peluang**

Peluang (%)	K
80	-0.85366
60	-0.32267
40	0.23513
20	0.819743

6. Mencari nilai Log X dengan persamaan garis lurus

$$\text{Log } X = \overline{\text{Log } X} + k \cdot S \text{ Log } X$$

**Tabel 4. 6 Nilai  $X_T$  untuk Berbagai Peluang**

Peluang (%)	K	Log $X_T$	$X_T$
-------------	---	-----------	-------



80	-0.85366	1.891	77.886
60	-0.32267	1.949	89.022
40	0.23513	2.010	102.439
20	0.819743	2.074	118.677

*Sumber: hasil perhitungan*

7. Setelah ditemukan batas-batas peluangnya kemudian diplotkan seperti tabel berikut:

**Tabel 4. 7 Pengelompokan Curah Hujan**

No.	Tahun	$X_i$	Log X	Kelompok
1	2005	59.8	1.777	3
2	2002	67.5	1.829	
3	2016	74	1.869	
4	2004	78.1	1.893	4
5	2007	78.4	1.894	
6	2013	84	1.924	
7	2011	89	1.949	
8	1999	93.4	1.970	7
9	1998	95.8	1.981	
10	2001	96	1.982	
11	2012	96	1.982	
12	2008	96.1	1.983	
13	2003	99.4	1.997	1
14	2017	99.5	1.998	
15	2009	104.5	2.019	
16	2015	119.4	2.077	5
17	2014	120.5	2.081	
18	2000	122	2.086	
19	2006	149.6	2.175	
20	2010	168.6	2.227	

*Sumber: hasil perhitungan*

Sehingga didapatkan:

Untuk kelompok  $0 < X \leq P_{20\%}$ , jumlah data sebanyak 3

Untuk kelompok  $P_{20\%} < X < P_{40\%}$ , jumlah data sebanyak 4

Untuk kelompok  $P40\% < X < P60\%$ , jumlah data sebanyak 7

Untuk kelompok  $P60\% < X < P80\%$ , jumlah data sebanyak 1

Untuk kelompok  $X \geq P80\%$ , jumlah data sebanyak 5

8. Mencari nilai *Chi Square* hitung ( $X_h^2$ )

**Tabel 4. 8 Hasil Perhitungan Uji Chi-Kuadrat pada Distribusi Log Pearson Tipe III**

No	Nilai Batas	Jumlah Data		Oi - Ei	$(Oi - Ei)^2$
		Oi	Ei		Ei
1	0 – 1,891	3	4	-1	0,25
2	1,891 – 1,949	4	4	0	0
3	1,949 – 2,010	7	4	3	2,25
4	2,010 – 2,074	1	4	-3	2,25
5	2,074 – ~	5	4	1	0,25
Jumlah				20	5

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Sehingga didapatkan  $X_h^2 = 5$

9. Mencari nilai derajat kebebasan (dk)

$$Dk = G - R - 1$$

$$Dk = 5 - 2 - 1$$

$$Dk = 2$$

10. Mencari nilai chi kuadrat pada tabel

Nilai chi kuadrat untuk derajat kebebasan (dk) = 2 dan derajat kepercayaan  $\alpha = 0,05$  adalah 5,99146

11. Menyimpulkan hasil Chi Kuadrat hitung dengan Chi kuadrat tabel

Semakin besar  $X_h^2$  maka semakin kecil  $\alpha$ .

Supaya distribusi diterima, maka  $X_h^2$  harus lebih kecil daripada  $X^2$ .

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, didapatkan  $X_h^2 = 5$  dan  $X^2 = 5,99146$  sehingga  $X_h^2 < X^2$  (diterima).

#### 4.1.4 Uji Smirnov Kolmogorov

Uji Kecocokan *Smirnov-Kolmogorov* dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Mencari nilai  $P(x)$

$$P(x) = \frac{m}{(n+1)}$$

2. Mencari nilai  $P(x <)$

$$P(x <) = 1 - P(X)$$

3. Mencari nilai T

$$T = \frac{\text{Log } X - \text{Log } X}{S}$$

4. Mencari nilai  $1 - P(x <)$

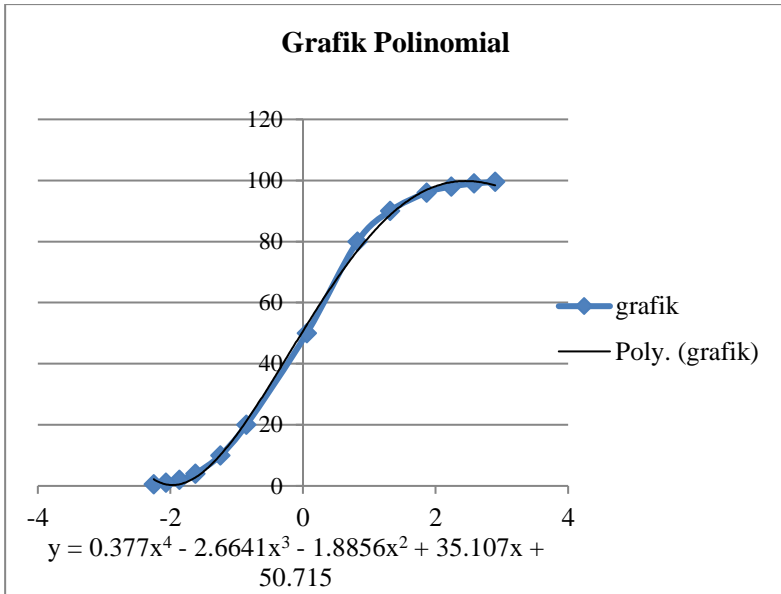
Pada *Microsoft Excel*, buat grafik polynomial berpangkat 4 untuk  $C_s = 0,34652$

***Tabel 4. 9 Nilai  $1 - P(x <)$  untuk Berbagai Peluang***

Peluang (%)	<i>Coefficient of Skewness</i>		
	0.3	0.4	0.346522
99.5	2.856	2.949	2.899265
99	2.544	2.615	2.577031
98	2.211	2.261	2.234261
96	1.849	1.88	1.863422
90	1.309	1.317	1.312722
80	0.824	0.816	0.820278
50	0.05	0.066	0.057444
20	-0.853	-0.855	-0.85393
10	-1.258	-1.231	-1.24544
4	-1.643	-1.606	-1.62579
2	-1.89	-1.834	-1.86395
1	-2.104	-2.029	-2.06911

*Sumber: hasil perhitungan*

Setelah itu, buat grafiknya seperti ini:



**Gambar 4. 2 Grafik Polinomial**

Dengan fitur *trendline polyline*, akan muncul persamaan garis  
 $y = 0.377x^4 - 2.664x^3 - 1.885x^2 + 35.10x + 50.71$

Untuk mencari nilai  $1-P'(x<)$ , gunakan persamaan garis diatas dengan memasukkan T sebagai x.

5. Mencari nilai  $P'(x<)$   
 $P'(x<) = 1 - (1 - P'(x<))$
6. Mencari nilai  $\Delta p$   
 $\Delta p = |P(x<) - P'(x<)|$
7. Dibuat tabel sebagai berikut:

**Tabel 4. 10 Perhitungan Uji *Smirnov – Kolmogorov* pada Distribusi *Log Pearson Tipe III***

X	m	P(x)	P(x<)	T	1-P'(x)	P'(x)	$\Delta p$
1.78	1	0.05	0.95	-1.90	0.00	1.00	0.05
1.83	2	0.10	0.90	-1.42	0.06	0.94	0.04
1.87	3	0.15	0.85	-1.06	0.15	0.85	0.00
1.89	4	0.20	0.80	-0.84	0.22	0.78	0.02
1.89	5	0.25	0.75	-0.83	0.22	0.78	0.03
1.92	6	0.30	0.70	-0.55	0.31	0.69	0.01
1.95	7	0.35	0.65	-0.32	0.39	0.61	0.04
1.97	8	0.40	0.60	-0.13	0.46	0.54	0.06
1.98	9	0.45	0.55	-0.03	0.50	0.50	0.05
1.98	10	0.50	0.50	-0.02	0.50	0.50	0.00
1.98	11	0.55	0.45	-0.02	0.50	0.50	0.05
1.98	12	0.60	0.40	-0.02	0.50	0.50	0.10
2.00	13	0.65	0.35	0.12	0.55	0.45	0.10
2.00	14	0.70	0.30	0.12	0.55	0.45	0.15
2.02	15	0.75	0.25	0.31	0.61	0.39	0.14
2.08	16	0.80	0.20	0.84	0.78	0.22	0.02
2.08	17	0.85	0.15	0.88	0.79	0.21	0.06
2.09	18	0.90	0.10	0.93	0.80	0.20	0.10
2.17	19	0.95	0.05	1.74	0.95	0.05	0.00
2.23	20	1.00	0.00	2.21	0.99	0.01	0.01

*Sumber: hasil perhitungan*

8. Mencari nilai  $D_{maks}$   
Berdasarkan tabel tersebut, didapatkan  $D_{maks}$  sebesar 0,15.
9. Berdasarkan tabel  $D_0$  *Smirnov*, untuk  $n = 20$  dan  $\alpha = 0,05$  didapatkan nilai  $D_0 = 0,29$  sehingga  $D_{maks} < D_0$  sehingga distribusi dapat diterima.

#### 4.1.5 Curah Hujan Rencana

Berdasarkan uji *Chi Square* dan uji *Smirnov-Kolmogorov*, distribusi *Log Pearson Tipe III* memenuhi untuk dapat digunakan. Selanjutnya, dicari curah hujan rencana untuk periode ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun dan 50 tahun.

1. Periode ulang 2 tahun

$$\begin{aligned}\text{Log } X_2 &= \overline{\text{Log } X} + k \cdot \overline{S \text{ Log } X} \\ \text{Log } X_2 &= 1,98 + -0.05718 \cdot 0,1093 \\ \text{Log } X_2 &= 1,97 \\ X_2 &= 10^{1,97} \\ X_2 &= 95,17 \text{ mm}\end{aligned}$$

2. Periode ulang 5 tahun

$$\begin{aligned}\text{Log } X_5 &= \overline{\text{Log } X} + k \cdot \overline{S \text{ Log } X} \\ \text{Log } X_5 &= 1,98 + 0.819743 \cdot 0,1093 \\ \text{Log } X_5 &= 2,07 \\ X_5 &= 10^{2,07} \\ X_5 &= 118,68 \text{ mm}\end{aligned}$$

3. Periode ulang 10 tahun

$$\begin{aligned}\text{Log } X_{10} &= \overline{\text{Log } X} + k \cdot \overline{S \text{ Log } X} \\ \text{Log } X_{10} &= 1,98 + 1.312722 \cdot 0,1093 \\ \text{Log } X_{10} &= 2,13 \\ X_{10} &= 10^{2,13} \\ X_{10} &= 134,35 \text{ mm}\end{aligned}$$

4. Periode ulang 25 tahun

$$\begin{aligned}\text{Log } X_{25} &= \overline{\text{Log } X} + k \cdot \overline{S \text{ Log } X} \\ \text{Log } X_{25} &= 1,98 + 1,86342 \cdot 0,1093 \\ \text{Log } X_{25} &= 2,19 \\ X_{25} &= 10^{2,19} \\ X_{25} &= 154,33 \text{ mm}\end{aligned}$$

5. Periode ulang 50 tahun

$$\begin{aligned}\text{Log } X_{50} &= \overline{\text{Log } X} + k \cdot \overline{S \text{ Log } X} \\ \text{Log } X_{50} &= 1,98 + 2.233726 \cdot 0,1093 \\ \text{Log } X_{50} &= 2,23 \\ X_{50} &= 10^{2,23} \\ X_{50} &= 169,40 \text{ mm}\end{aligned}$$

#### 4.1.6 Periode Ulang

Berdasarkan PU Cipta Karya tentang tata cara penyusunan rencana induk sistem drainase perkotaan tahun 2012, penentuan periode ulang adalah sebagai berikut:

**Tabel 4. 11 Periode Ulang**

Tipologi Kota	Catchment Area (Ha)			
	< 10	10 - 100	100 - 500	> 500
Kota	2	2 – 5	5 – 10	10 – 25
Metropolitan	tahun	tahun	tahun	tahun
Kota Besar	2	2 – 5	2 – 5 tahun	5 – 20
	tahun	tahun		tahun
Kota sedang / kecil	2	2 – 5	2 – 5 tahun	5 – 10
	tahun	tahun		tahun

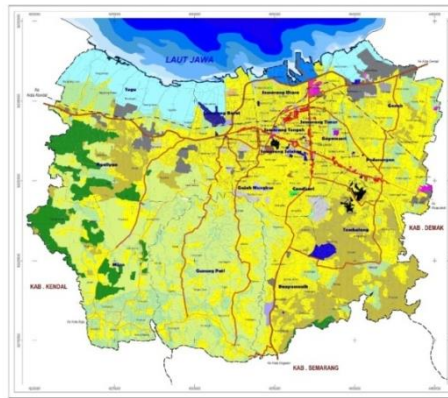
*Sumber: PU Cipta Karya*

- ✓ Kota metropolitan adalah kota yang mempunyai penduduk lebih dari 1.000.000 jiwa.
- ✓ Kota besar adalah kota yang mempunyai penduduk antara 500.000 jiwa – 1.000.000 jiwa.
- ✓ Kota sedang adalah kota yang mempunyai penduduk antara 100.000 jiwa – 500.000 jiwa.
- ✓ Kota kecil adalah kota yang mempunyai penduduk antara 20.000 – 100.000 jiwa.

Kota Semarang berpenduduk 1.658.552 jiwa per Desember 2017 ([dispendukcapil.semarangkota.go.id](http://dispendukcapil.semarangkota.go.id)), sehingga kota Semarang dikategorikan sebagai kota metropolitan. Daerah studi memiliki *Catchment Area* seluas 15 km<sup>2</sup> atau setara dengan 1.500 ha. Berdasarkan data tersebut, maka untuk perencanaan digunakan periode ulang antara 10 tahun – 25 tahun. Dalam perencanaan ini, digunakan periode ulang 25 tahun supaya mampu mengatasi banjir yang lebih besar.

#### **4.1.7 Koefisien Pengaliran (C)**

Berikut merupakan peta tata guna lahan kota Semarang:



#### TATA GUNA LAHAN

	Hutan Produksi Tetap		Tegalan
	Kawasan Pertahanan		Perkebunan
	Perdagangan dan Jasa		Pertanian
	Peribadatan		Bak Penampungan Air (Retending Basin)
	Kesehatan		Tambak
	Pendidikan		Industri
	Tempat Pemakaman Umum (TPU)		Pergudangan
	RTH		Stasiun Kereta Api
	Permukiman		Terminal
	Perkantoran		Instalasi
	Pelabuhan Laut		Bandar Udara
	Olah Raga dan Rekreasi		Tanah Kosong
			Pelayanan Umum

**Gambar 4. 3 Peta Tata Guna Lahan Kota Semarang**

Berikut merupakan peta tata guna lahan lokasi studi :



**Gambar 4. 4 Peta Tata Guna Lahan Lokasi Studi**

Dari peta tata guna lahan tersebut, didapatkan data sebagai berikut:



**Tabel 4. 12 Perhitungan Koefisien Pengaliran**

Jenis Lahan	Koefisien Pengaliran (C)	Luas (km <sup>2</sup> )
Pertanian	0,25	4,94
Permukiman	0,75	10,12

*Sumber: hasil perhitungan*

Dari data tersebut, dapat dihitung C rata-rata sebagai berikut:

$$\bar{C} = \frac{C_1 A_1 + C_2 A_2}{A_1 + A_2}$$

$$\bar{C} = \frac{0,25 \cdot 4,94 + 0,75 \cdot 10,12}{4,94 + 10,12}$$

$$\bar{C} = 0,7$$

Dari hasil perhitungan tersebut, dapat dicari curah hujan efektif untuk periode ulang 10 tahunan sebagai berikut:

$$R_{\text{eff}} = \bar{C} \times R_{25}$$

$$R_{\text{eff}} = 0,7 \times 154,33 \text{ mm}$$

$$R_{\text{eff}} = 108,03 \text{ mm}$$

#### 4.1.8 Intensitas Curah Hujan Terpusat

Berdasarkan data pengamatan, diketahui bahwa hujan terpusat pada kota Semarang adalah 5 jam. Kemudian, dilakukan perhitungan curah hujan untuk tiap-tiap jam nya. Digunakan langkah-langkah sebagai berikut:

##### 1. Menghitung Rasio Curah Hujan

Perhitungan :

✓ Untuk  $t = 1$

$$R_1 = \left(\frac{1}{T}\right) \left(\frac{T}{t}\right)^{2/3}$$

$$R_1 = \left(\frac{1}{5}\right) \left(\frac{5}{1}\right)^{2/3}$$

$$R_1 = 0,585$$

✓ Untuk  $t = 2$

$$R_2 = \left(\frac{1}{T}\right) \left(\frac{T}{t}\right)^{2/3}$$

$$R_2 = \left(\frac{1}{5}\right) \left(\frac{5}{2}\right)^{2/3}$$

$$R_2 = 0,368$$

✓ Untuk  $t = 3$

$$R_3 = \left(\frac{1}{T}\right) \left(\frac{T}{t}\right)^{2/3}$$

$$R_3 = \left(\frac{1}{5}\right) \left(\frac{5}{3}\right)^{2/3}$$

$$R_3 = 0,281$$

✓ Untuk  $t = 4$

$$R_4 = \left(\frac{1}{T}\right) \left(\frac{T}{t}\right)^{2/3}$$

$$R_4 = \left(\frac{1}{5}\right) \left(\frac{5}{4}\right)^{2/3}$$

$$R_4 = 0,232$$

✓ Untuk  $t = 5$

$$R_5 = \left(\frac{1}{T}\right) \left(\frac{T}{t}\right)^{2/3}$$

$$R_5 = \left(\frac{1}{5}\right) \left(\frac{5}{5}\right)^{2/3}$$

$$R_5 = 0,200$$

## 2. Menghitung Rasio Distribusi Curah Hujan

Perhitungan :

✓ Untuk  $t = 1$

$$Rd_1 = (1 \times R_1) - (0 \times R_0)$$

$$Rd_1 = (1 \times 0,585) - 0$$

$$Rd_1 = 0,585$$

✓ Untuk  $t = 2$

$$Rd_2 = (2 \times R_2) - (1 \times R_1)$$

$$Rd_2 = (2 \times 0,368) - (1 \times 0,585)$$

$$Rd_2 = 0,736 - 0,585$$

$$Rd_2 = 0,151$$

✓ Untuk  $t = 3$

$$Rd_3 = (3 \times R_3) - (2 \times R_2)$$

$$Rd_3 = (3 \times 0,281) - (2 \times 0,368)$$

$$Rd_3 = 0,843 - 0,736$$

$$Rd_3 = 0,107$$

✓ Untuk  $t = 4$

$$Rd_4 = (4 \times R_4) - (3 \times R_3)$$

$$Rd_4 = (4 \times 0,232) - (3 \times 0,281)$$

$$Rd_4 = 0,928 - 0,843$$

$$Rd_4 = 0,085$$

✓ Untuk  $t = 5$

$$R_{d5} = (5 \times R_5) - (4 \times R_4)$$

$$R_{d5} = (5 \times 0,200) - (4 \times 0,232)$$

$$R_{d5} = 1 - 0,928$$

$$R_{d5} = 0,072$$

### 3. Menghitung Curah Hujan Jam-Jam an

✓ Curah hujan dari jam ke-0 sampai jam ke-1:

$$R_{0-1} = R_{d1} \times R_{eff}$$

$$R_{0-1} = 0,585 \times 108,03 \text{ mm}$$

$$R_{0-1} = 63,18 \text{ mm}$$

✓ Curah hujan dari jam ke-1 sampai jam ke-2:

$$R_{1-2} = R_{d2} \times R_{eff}$$

$$R_{1-2} = 0,152 \times 108,03 \text{ mm}$$

$$R_{1-2} = 16,42 \text{ mm}$$

✓ Curah hujan dari jam ke-2 sampai jam ke-3:

$$R_{2-3} = R_{d3} \times R_{eff}$$

$$R_{2-3} = 0,152 \times 108,03 \text{ mm}$$

$$R_{2-3} = 11,52 \text{ mm}$$

✓ Curah hujan dari jam ke-3 sampai jam ke-4:

$$R_{3-4} = R_{d4} \times R_{eff}$$

$$R_{3-4} = 0,085 \times 108,03 \text{ mm}$$

$$R_{3-4} = 9,17 \text{ mm}$$

✓ Curah hujan dari jam ke-4 sampai jam ke-5:

$$R_{4-5} = R_{d5} \times R_{eff}$$

$$R_{4-5} = 0,072 \times 108,03 \text{ mm}$$

$$R_{4-5} = 7,74 \text{ mm}$$

#### 4.1.9 Hidrograf Banjir Rencana

Untuk menghitung debit banjir yang masuk, digunakan metode *Nakayasu*.

Diketahui:

$$A = 15,057 \text{ km}^2$$

$$L = 8,4 \text{ km}$$

$$t_r = 1 \text{ jam}$$

$$\alpha = 2$$

$$R = 1 \text{ mm}$$

Langkah-langkah perhitungan debit banjir metode Nakayasu adalah sebagai berikut:

1. Mencari nilai  $T_g$

$$t_g = 0,21L^{0,7}$$

$$t_g = 0,21(8,4)^{0,7}$$

$$t_g = 0,9316 \text{ jam}$$

2. Mencari nilai  $T_{0,3}$

$$T_{0,3} = \alpha \times t_g$$

$$T_{0,3} = 2 \times 0,9316 \text{ jam}$$

$$T_{0,3} = 1,8631 \text{ jam}$$

3. Mencari nilai  $T_p$

$$T_p = t_g + 0,8 t_r$$

$$T_p = 0,9316 \text{ jam} + 0,8 \times 1$$

$$T_p = 1,7316 \text{ jam}$$

4. Mencari nilai  $T_p + T_{0,3}$

$$T_p + T_{0,3} = 1,7316 \text{ jam} + 1,8631 \text{ jam}$$

$$T_p + T_{0,3} = 3,5947 \text{ jam}$$

5. Mencari nilai  $T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$

$$T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3} = T_p + 2,5 T_{0,3}$$

$$T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3} = 1,7316 \text{ jam} + 1,5 \times 1,8631 \text{ jam}$$

$$T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3} = 6,3894 \text{ jam}$$

6. Mencari nilai debit puncak ( $Q_p$ )

$$Q_p = \frac{A \cdot R_0}{3,6 \cdot (0,3 T_p + T_{0,3})}$$

$$Q_p = \frac{15,057.1}{3,6 \cdot (0,3 \cdot 1,73 + 1,8631)}$$

$$Q_p = 1,7555 \text{ m}^3/\text{detik}$$

7. Hitung debit untuk tiap t dengan ketentuan sebagai berikut:

**Tabel 4. 13 Rumus Debit untuk Berbagai Waktu**

Waktu (jam)	Waktu (jam)	Debit (m <sup>3</sup> /detik)	Notasi
$0 < t < t_p$	$0 < t < 1,7316$	$\left(\frac{t}{T_p}\right)^{2,4} \cdot Q_p$	Q1
$T_p < t < (T_p + T_{0,3})$	$0,17316 < t < 3,5947$	$0,3 \left(\frac{t-T_p}{T_{0,3}}\right) \cdot Q_p$	Q2
$T_p + T_{0,3} < t < (T_p + 2,5 T_{0,3})$	$3,5947 < t < 6,3894$	$0,3 \left(\frac{t-T_p+0,5T_{0,3}}{1,5 T_{0,3}}\right) \cdot Q_p$	Q3
$t > (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$	$t > 6,3894$	$0,3 \left(\frac{t-T_p+0,5T_{0,3}}{1,5 T_{0,3}}\right) \cdot Q_p$	Q4

8. Plotkan seperti ini

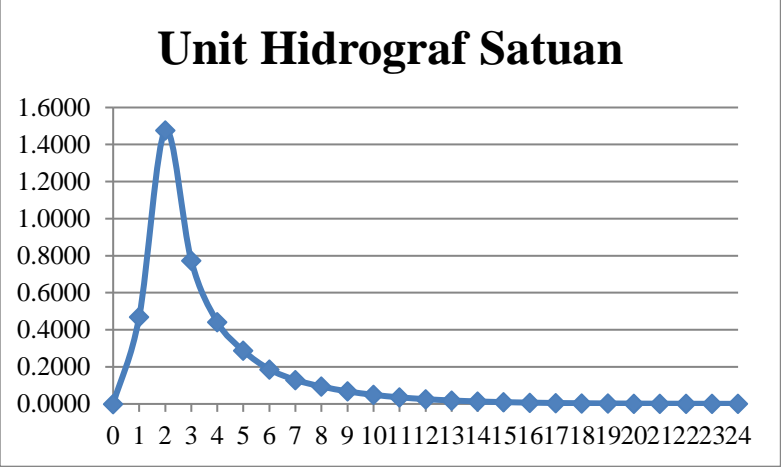
**Tabel 4. 14 Perhitungan Unit Hidrograf Satuan**

Jam	Q1	Q2	Q3	Q4	Unit Hidrograf Satuan
0	0				0.0000
1	0.4701				0.4701
2		1.4759			1.4759
3		0.7734			0.7734
4			0.4423		0.4423
5			0.2875		0.2875
6			0.1869		0.1869
7				0.1297	0.1297
8				0.0939	0.0939
9				0.0680	0.0680
10				0.0492	0.0492
11				0.0356	0.0356

**Tabel 4. 15 Perhitungan Unit Hidrograf Satuan (lanjutan)**

Jam	Q1	Q2	Q3	Q4	Unit Hidrograf Satuan
12				0.0258	0.0258
13				0.0187	0.0187
14				0.0135	0.0135
15				0.0098	0.0098
16				0.0071	0.0071
17				0.0051	0.0051
18				0.0037	0.0037
19				0.0027	0.0027
20				0.0019	0.0019
21				0.0014	0.0014
22				0.0010	0.0010
23				0.0007	0.0007
24				0.0005	0.0005

Dari hasil perhitungan unit satuan hidrograftersebut, dapat dibuat grafik seperti pada Gambar 4.5 berikut ini:



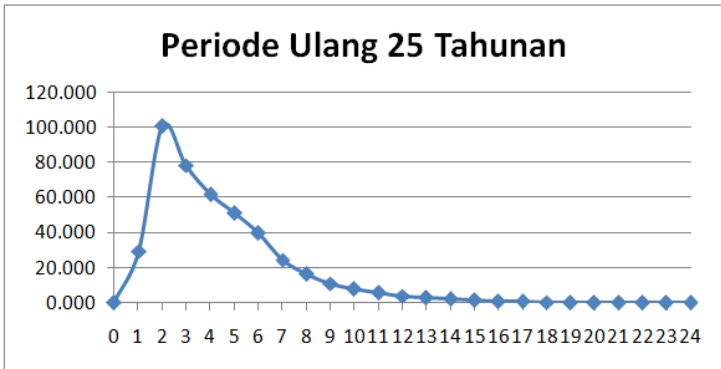
**Gambar 4. 5 Grafik Unit Hidrograf Satuan**

9. Masukkan data curah hujan terpusat jam jam an sebagai berikut:

**Tabel 4. 16 Perhitungan Hidrograf Banjir Periode Ulang 25 Tahun**

t (jam)	UH	Q <sub>0-1</sub> 63.18	Q <sub>1-2</sub> 16.42	Q <sub>2-3</sub> 11.52	Q <sub>3-4</sub> 9.17	Q <sub>4-5</sub> 7.74	Q <sub>25</sub>
0	0.000	0.000					0.000
1	0.470	29.696	0.000				29.69
2	1.476	92.281	7.719	0.000			100.00
3	0.773	48.862	24.236	5.414	0.000		78.51
4	0.442	27.941	12.700	17.001	4.310	0.000	61.95
5	0.287	18.161	7.262	8.909	13.534	3.640	51.50
6	0.187	11.805	4.721	5.094	7.092	11.429	40.14
7	0.130	8.194	3.068	3.311	4.056	5.989	24.61
8	0.094	5.932	2.130	2.152	2.636	3.425	16.27
9	0.068	4.294	1.542	1.494	1.713	2.226	11.27
10	0.049	3.108	1.116	1.082	1.189	1.447	7.94
11	0.036	2.250	0.808	0.783	0.861	1.004	5.70
12	0.026	1.629	0.585	0.567	0.623	0.727	4.13
13	0.019	1.179	0.423	0.410	0.451	0.526	2.99
14	0.014	0.854	0.306	0.297	0.327	0.381	2.16
15	0.010	0.618	0.222	0.215	0.236	0.276	1.56
16	0.007	0.447	0.161	0.156	0.171	0.200	1.13
17	0.005	0.324	0.116	0.113	0.124	0.145	0.82
18	0.004	0.234	0.084	0.082	0.090	0.105	0.59
19	0.003	0.170	0.061	0.059	0.065	0.076	0.43
20	0.002	0.123	0.044	0.043	0.047	0.055	0.31
21	0.001	0.089	0.032	0.031	0.034	0.040	0.226
22	0.001	0.064	0.023	0.022	0.025	0.029	0.163
23	0.001	0.047	0.017	0.016	0.018	0.021	0.118
24	0.001	0.034	0.012	0.012	0.013	0.015	0.086

*Sumber: hasil perhitungan*



**Gambar 4. 6 Grafik Hidrograf Banjir Periode Ulang 25 Tahun**

#### 4.1.10 Kapasitas Eksisting Sungai Tenggang

Kapasitas eksisting sungai dihitung dengan cara seperti yang tertulis pada bab 3.2.7, yaitu mencari elevasi muka air sehingga ditemukan  $Q$  yang sama atau hampir sama dengan  $Q$  sebelumnya.

Perhitungan kapasitas eksisting sungai Tenggang ini menggunakan rumus manning, yaitu:  $Q = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2}$

Langkah pertama adalah dengan menginput elevasi di bagian hilir yaitu STA 1 + 360. Karena elevasi *Pile Cap* pada STA 1 + 360 adalah 1,9m (lihat lampiran), maka elevasi *Full Bank Capacity* diinputkan 1,7 m. Selisih 0,2 m merupakan tinggi jagaan. Setelah itu, dengan metode coba-coba sehingga  $Q$  sebelum dan  $Q$  sesudah sama, yaitu 84 m<sup>3</sup>/detik. Diinputkan elevasi muka air untuk seluruh STA sama. Sehingga akan didapatkan elevasi di bagian hulu adalah 1,979 m. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.16 berikut ini :



**Tabel 4. 17 Perhitungan Kapasitas Eksisting**

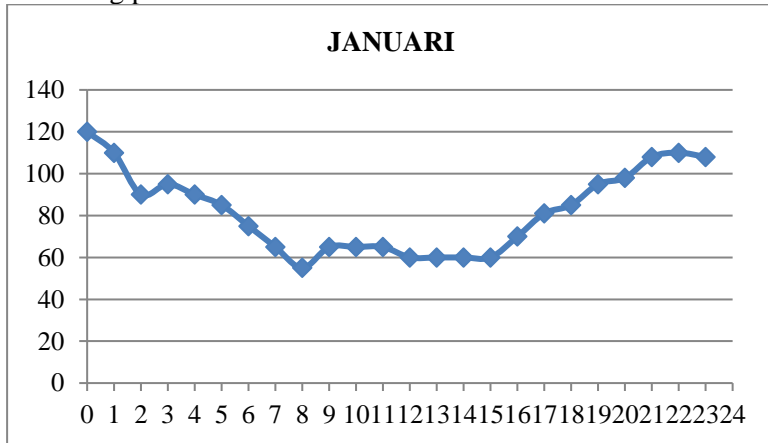
STA	Lebar Sungai	Elevasi Dasar Sungai	Elevasi Muka Air	Tinggi Air	Luas Penampang	Keliling Basah	Jari-Jari Hidrolis	Kemiringan	Kecepatan	Debit
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m <sup>2</sup> )	(m)	(m)	-	(m <sup>2</sup> /detik)	(m <sup>3</sup> /detik)
0	14.550	-1.500	1.979	3.48	50.61	21.51	2.35	-	-	84
49	14.552	-1.500	1.961	3.46	50.37	21.47	2.35	0.00036	1.668	84
99	15.496	-1.500	1.945	3.45	53.39	22.39	2.38	0.00031	1.579	84
149	37.281	-1.500	1.943	3.44	128.37	44.17	2.91	0.00004	0.657	84
180	35.326	-1.500	1.942	3.44	121.59	42.21	2.88	0.00005	0.695	84
201	23.204	-1.500	1.939	3.44	79.81	30.08	2.65	0.00012	1.054	84
263	22.907	-1.500	1.932	3.43	78.61	29.77	2.64	0.00013	1.069	84
290	19.033	-1.500	1.926	3.43	65.21	25.89	2.52	0.00019	1.290	84
327	19.089	-1.500	1.919	3.42	65.27	25.93	2.52	0.00019	1.287	84
367	19.042	-1.500	1.911	3.41	64.96	25.86	2.51	0.00020	1.298	84
417	19.179	-1.500	1.902	3.40	65.24	25.98	2.51	0.00020	1.293	84
463	19.028	-1.500	1.892	3.39	64.55	25.81	2.50	0.00020	1.303	84
513	19.008	-1.500	1.882	3.38	64.29	25.77	2.49	0.00020	1.307	84
563	19.743	-1.500	1.873	3.37	66.59	26.49	2.51	0.00019	1.267	84
605	25.687	-1.500	1.869	3.37	86.53	32.42	2.67	0.00010	0.972	84
620	25.220	-1.500	1.867	3.37	84.91	31.95	2.66	0.00011	0.991	84
638	21.382	-1.500	1.864	3.36	71.93	28.11	2.56	0.00016	1.169	84
671	22.121	-1.500	1.859	3.36	74.31	28.84	2.58	0.00015	1.133	84
688	17.945	-1.500	1.855	3.36	60.21	24.66	2.44	0.00024	1.400	84
737	16.312	-1.500	1.841	3.34	54.49	22.99	2.37	0.00030	1.542	84

**Tabel 4. 18 Perhitungan Kapasitas Eksisting (lanjutan)**

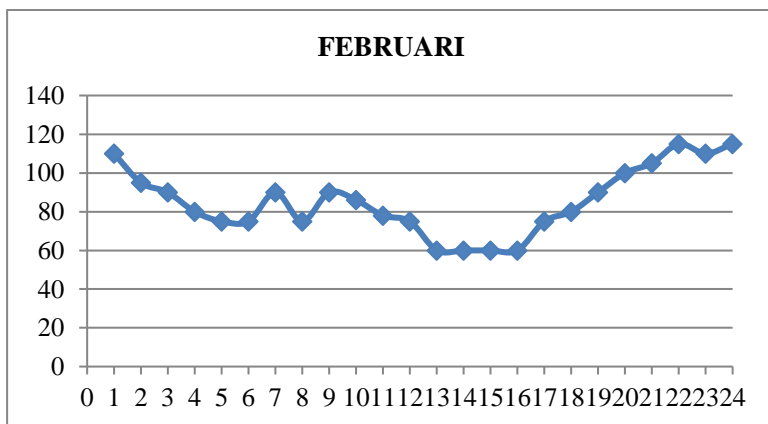
STA	Lebar Sungai	Elevasi Dasar Sungai	Elevasi Muka Air	Tinggi Air	Luas Penampang	Keliling Basah	Jari-Jari Hidrolis	Kemiringan	Kecepatan	Debit
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m <sup>2</sup> )	(m)	(m)	-	(m <sup>2</sup> /detik)	(m <sup>3</sup> /detik)
755	15.895	-1.500	1.835	3.33	53.01	22.56	2.35	0.00032	1.586	84
782	15.369	-1.500	1.825	3.33	51.10	22.02	2.32	0.00035	1.644	84
821	16.936	-1.500	1.814	3.31	56.13	23.56	2.38	0.00028	1.498	84
853	19.164	-1.500	1.807	3.31	63.38	25.78	2.46	0.00021	1.328	84
897	21.038	-1.500	1.800	3.30	69.42	27.64	2.51	0.00017	1.214	84
915	20.752	-1.500	1.797	3.30	68.41	27.35	2.50	0.00018	1.229	84
938	19.821	-1.500	1.792	3.29	65.25	26.41	2.47	0.00020	1.292	84
988	19.352	-1.500	1.781	3.28	63.50	25.91	2.45	0.00022	1.336	84
1038	19.777	-1.500	1.771	3.27	64.69	26.32	2.46	0.00021	1.313	84
1082	19.311	-1.500	1.761	3.26	62.97	25.83	2.44	0.00022	1.350	84
1115	19.443	-1.500	1.754	3.25	63.26	25.95	2.44	0.00022	1.341	84
1155	19.937	-1.500	1.745	3.25	64.70	26.43	2.45	0.00022	1.339	84
1189	19.513	-1.500	1.738	3.24	63.18	25.99	2.43	0.00022	1.334	84
1212	18.759	-1.500	1.732	3.23	60.63	25.22	2.40	0.00024	1.394	84
1234	19.145	-1.500	1.727	3.23	61.78	25.60	2.41	0.00024	1.388	84
1275	20.402	-1.500	1.718	3.22	65.65	26.84	2.45	0.00023	1.369	84
1293	22.222	-1.500	1.714	3.21	71.42	28.65	2.49	0.00019	1.280	84
1310	19.976	-1.500	1.710	3.21	64.13	26.40	2.43	0.00021	1.324	84
1360	21.777	-1.500	1.700	3.20	69.69	28.18	2.47	0.00021	1.322	84

#### 4.2 Data Pasang Surut

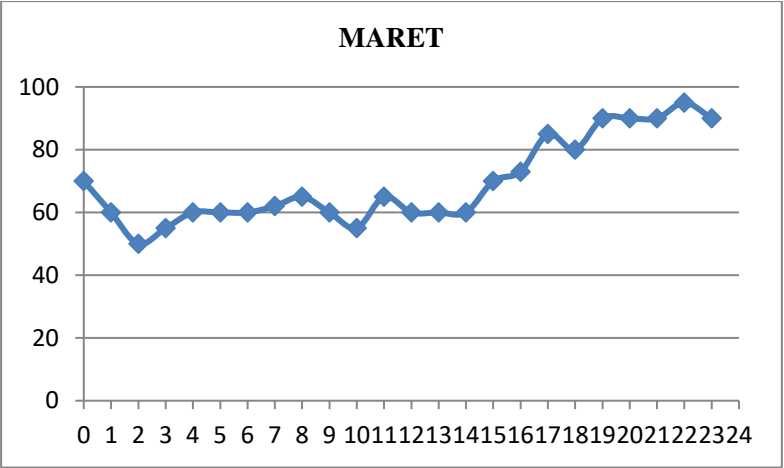
Berikut disajikan data pasang surut tertinggi tiap bulan kota Semarang pada tahun 2017:



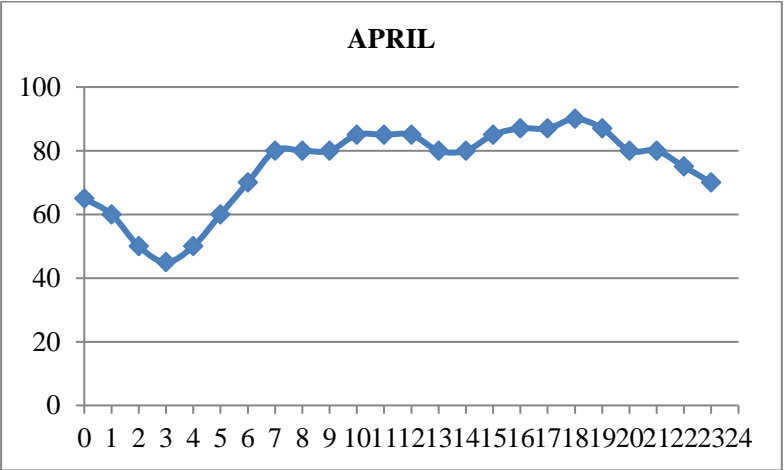
**Gambar 4. 7 Grafik Pasang Surut Air Laut pada Bulan Januari**



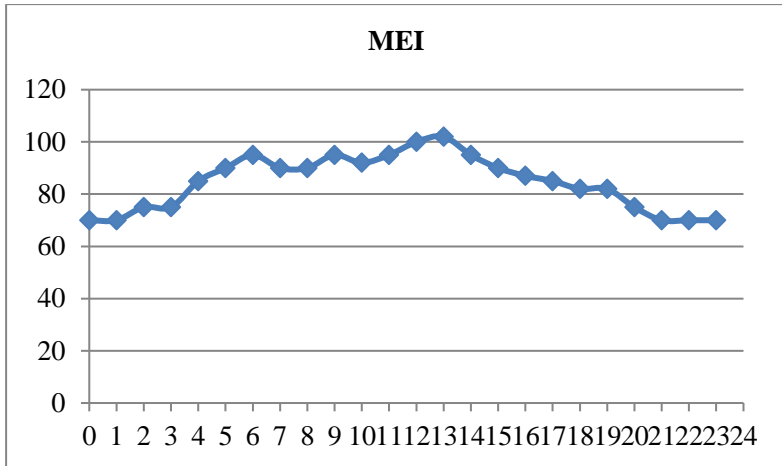
**Gambar 4. 8 Grafik Pasang Surut Air Laut pada Bulan Februari**



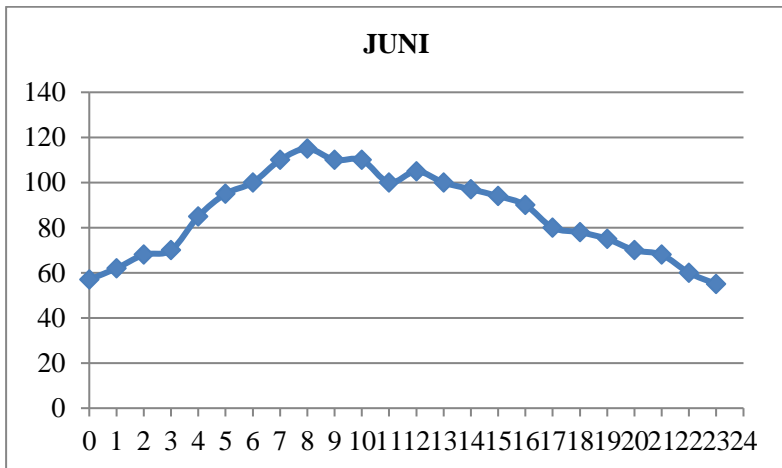
**Gambar 4. 9 Grafik Pasang Surut Air Laut pada Bulan Maret**



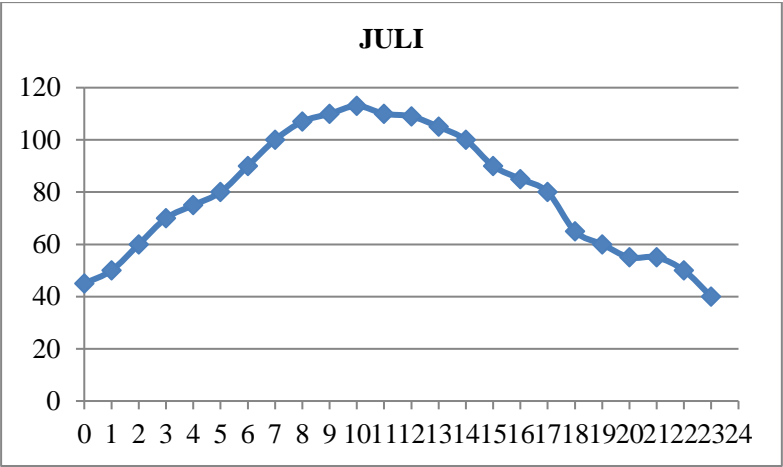
**Gambar 4. 10 Grafik Pasang Surut Air Laut pada Bulan April**



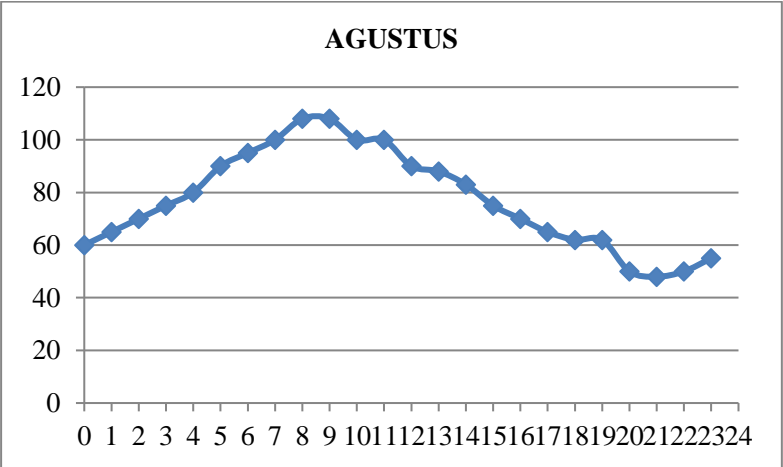
**Gambar 4. 11 Grafik Pasang Surut Air Laut pada Bulan Mei**



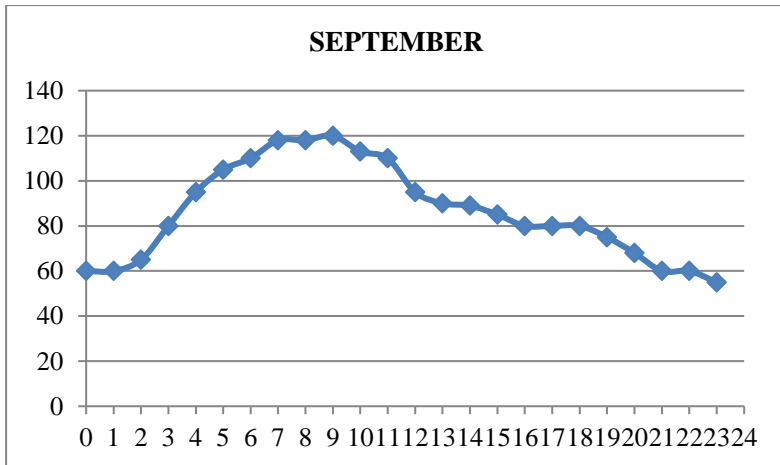
**Gambar 4. 12 Grafik Pasang Surut Air Laut pada Bulan Juni**



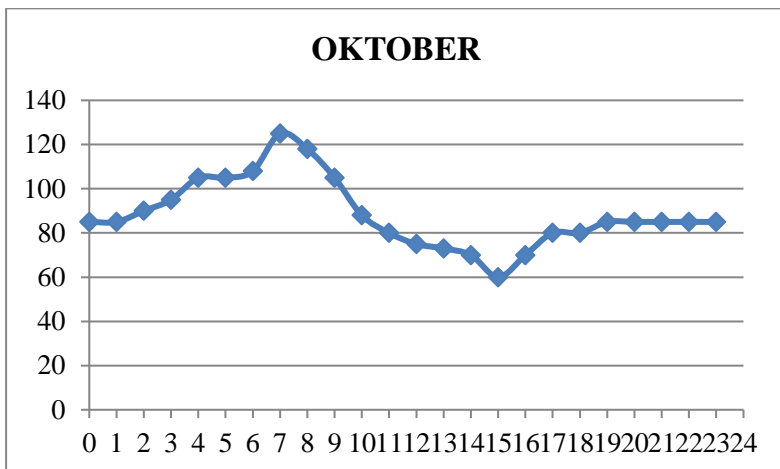
**Gambar 4. 13 Grafik Pasang Surut Air Laut pada Bulan Juli**



**Gambar 4. 14 Grafik Pasang Surut Air Laut pada Bulan Agustus**

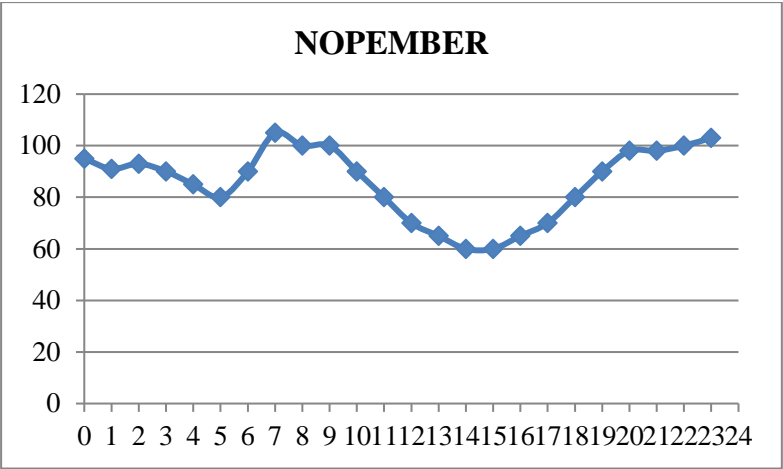


**Gambar 4. 15 Grafik Pasang Surut Air Laut pada Bulan September**

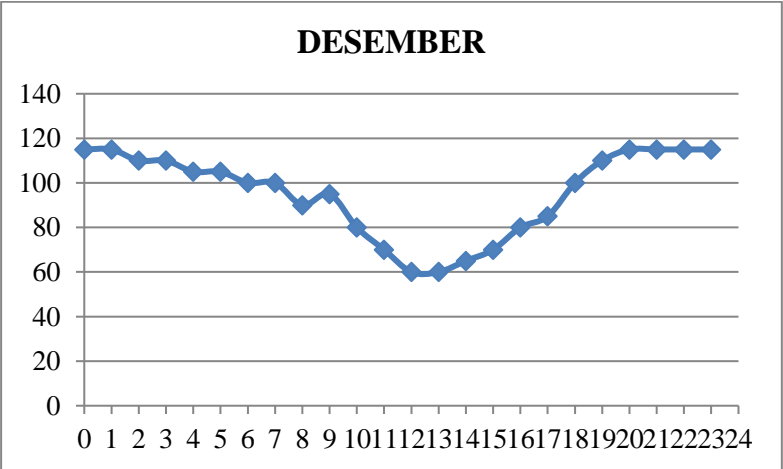


**Gambar 4. 16 Grafik Pasang Surut Air Laut pada Bulan Oktober**

\



**Gambar 4. 17 Grafik Pasang Surut Air Laut pada Bulan Nopember**



**Gambar 4. 18 Grafik Pasang Surut Air Laut pada Bulan Desember**



Dari data pengamatan, setelah digambar grafik pasang surutnya, maka dapat dilihat dari bulan Januari sampai bulan Desember menunjukkan bahwa terjadi satu kali pasang dan satu kali surut dalam sehari. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa periode pasang surut ( $T$ ) adalah 24 jam. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa pasang tertinggi ( $H_{\max}$ ) adalah 1,25 m. Surut terendah dianggap setinggi pasang tertinggi, sehingga surut terendah ( $H_{\min}$ ) = -1,25 m

Sebagai pertimbangan analisis banjir dalam studi ini, kondisi pasang surut diasumsikan mengikuti grafik *Sinusoidal*, sehingga dapat dicari dengan rumus:

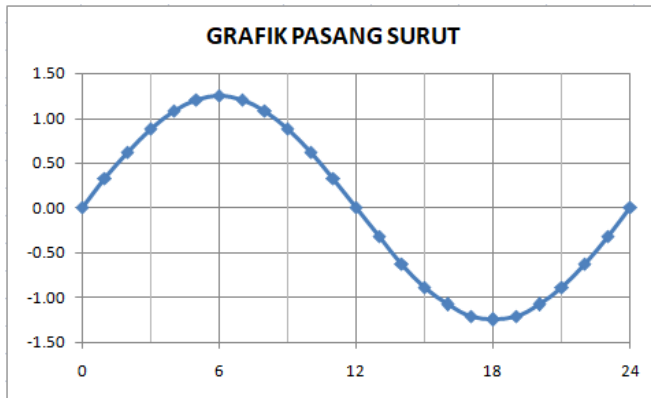
$$h = \text{MSL} + \frac{H}{2} \times (\sin \pi \cdot 2 \cdot t/T)$$

Dari data tersebut, dapat dihitung:

$$\begin{aligned} H &= H_{\max} - H_{\min} \\ &= 1,25 \text{ m} - (-1,25) \text{ m} \\ &= 2,5 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MSL} &= \frac{H}{2} + H_{\min} \\ &= 2,5 \text{ m}/2 + (-1,25) \text{ m} \\ &= 0 \end{aligned}$$

Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada gambar berikut:



**Gambar 4. 19 Grafik Pasang Surut Air Laut**

Dari grafik tersebut, diketahui bahwa pasang tertinggi terjadi pada elevasi +1,25 m, sedangkan *Pile Cap* tanggul di hilir sungai Tenggang yang sudah dinormalisasi memiliki elevasi +1,9 m (lihat lampiran), sehingga tidak terjadi pengaruh *Back Water*.

### 4.3 Analisa Diversion Pond

Untuk mengatur debit yang masuk menuju sudetan, digunakan bangunan pengendali debit berupa banunan pelimpah samping. Dalam perencanaan ini digunakan bangunan pelimpah samping berjenis ogee.

Dari perhitungan sebelumnya, diketahui debit banjir yang harus disalurkan ke sudetan adalah sebesar  $16 \text{ m}^3/\text{detik}$ . Ketika debit banjir datang sebesar  $100 \text{ m}^3/\text{detik}$  maka tinggi muka airnya dapat dihitung dengan data-data sebagai berikut:

$$I = 0,0002$$

$$n = 0,002$$

$$b = 14,552$$

untuk mencari debit, digunakan rumus:

$$A = (b + m.h)h$$

$$P = (b + zh(\sqrt{z^2 + 1}))$$

$$R = A/P$$

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2}$$

$$Q = v A$$

Untuk mencari tinggi muka air (y) saat  $Q = 100 \text{ m}^3/\text{detik}$  digunakan bantuan program *Goal Seek* pada *Excel*, sehingga ditemukan  $y = 4,82 \text{ m}$ . Sedangkan, tinggi muka air (y) saat  $Q = 84 \text{ m}^3/\text{detik}$  adalah  $3,28 \text{ m}$  (lihat Bab 4.1.10).

Direncanakan tinggi mercu ( $h$ ) =  $3,28$  dan  $B$  diasumsikan =  $1 \text{ m}$ . Sehingga dapat dicari  $Hd_1$  dan  $Hd_2$  dengan cara sebagai berikut:

$$Hd_1 = 4,82 - 3,28 = 1,54 \text{ m}$$

$$Hd_2 = 3,48 - 3,28 = 0,2 \text{ m}$$

1. Menghitung Luas (A)

$$A = b \times (h + Hd)$$

2. Menghitung Kecepatan (v)

$$v = Q/A$$

3. Menghitung Tinggi Kecepatan  
 $H_a = v^2/2g$
4. Menghitung  $h/H_d$   
 Karena  $h/h_d$  lebih besar daripada 1,33 maka  $C/C_d$  dianggap sama dengan 1.
5. Menghitung  $H_e$   
 $H_e = H_d + H_a$
6. Menghitung  $H_e/H_d$
7. Mencari  $C/C_d$   
 Nilai  $C/C_d$  dicari pada tabel. Karena  $C$  lebih besar daripada 1,33 maka  $C/C_d$  dianggap sama dengan 1.
8. Menghitung  $C$   
 $C = 2,225/1 = 2,225$
9. Menghitung  $Q$   
 $Q = C \times B \times H_e^{1.5}$   
 $B$  diasumsikan sama dengan 1, untuk perhitungan lebar rencana dapat dilihat pada poin 10. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 4. 19 Perhitungan Debit Pelimpah**

$H_d$ (m)	$A$ (m <sup>2</sup> )	$V$ (m <sup>2</sup> /det)	$H_a$ (m)	$h/H_d$ $d$	$H_e$ (m)	$H_e/H_d$	$C/C_d$	$C$	$Q$ (m <sup>3</sup> /det)
1.5	4.		0.0	2.13	1.5	1.02	1.0		4.43
40	82	0.92	43	0	83	8	00	2.225	2
0.2	3.		0.0	16.4	0.2	1.41	1.0	2.2	0.33
00	48	1.27	83	00	83	3	00	25	4

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Setelah mendapatkan nilai  $Q_1$  dan  $Q_2$ , dicari  $L$  dengan rumus sebagai berikut:

$$L = \frac{Q \times 2}{Q_1 + Q_2}$$

$$L = \frac{16 \text{ m}^3/\text{detik} \times 2}{4,432 + 0,334}$$

$$L = 6,7 \text{ m}$$

- ✓ Merencanakan dimensi bendung:

Dalam perhitungan tugas akhir ini, direncanakan bendung mercu yang tegak lurus terhadap sungai. Dimensi mercu dapat dihitung dengan rumus:

$$X^{1.85} = K H_d^{0.85} Y$$

- Untuk  $H_d = 1,54 \text{ m}$

**Tabel 4. 20 Perhitungan Dimensi Bendung**

<u>X (m)</u>	<u>Y (m)</u>
0	0
0,1	0,028
0,3	0,212
0,6	0,763
1	1,964
1,5	4,158
2,1	7,748
2,8	13,19
3,6	21
4,5	31,73

**Tabel 4. 21 Perhitungan Dimensi Puncak Mercu Bendung**

	<u>Nilai</u>
0,2 $H_d$	0.308
0,5 $H_d$	0.77
0,175 $H_d$	0.2695
0,282 $H_d$	0.43428

- Untuk  $H_d = 0,2 \text{ m}$

**Tabel 4. 22 Perhitungan Dimensi Bendung**

<u>X (m)</u>	<u>Y (m)</u>
0	0
0,1	0,005
0,3	0,037
0,6	0,135
1	0,346
1,5	0,734
2,1	1,367
2,8	2,328
3,6	3,705
4,5	5,599

**Tabel 4. 23 Perhitungan Dimensi Puncak Mercu Bendung**

	<u>Nilai</u>
0,2 $H_d$	0.04
0,5 $H_d$	0.1
0,175 $H_d$	0.035
0,282 $H_d$	0.0564

#### 4.4 Analisa Sudetan

Sudetan direncanakan dengan data sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Q_{\text{sudetan}} &= Q_{\text{banjir}} - Q_{\text{kapasitas}} \\ &= 100 - 84 = 16 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

$$\Delta H = 1,1 \text{ m}$$

$$L = 796 \text{ m}$$

$$I = 0,00138$$

$$n = 0,002$$

Sudetan direncanakan memiliki lebar ( $b$ ) = 4,5 m

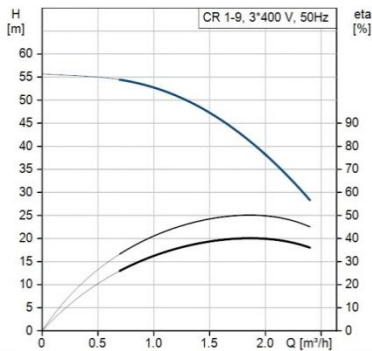
Perhitungan analisa sudetan ini digunakan rumus Manning, yaitu:

$$Q = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2}$$

Dengan menggunakan bantuan *Goal seek* pada *Microsoft Excel*, didapatkan tinggi air ( $h$ ) = 1,88 m.

4.5 Analisa Pompa

Dalam perencanaan tugas akhir ini, digunakan pompa merk *Grundfos* tipe CR 1-9, dengan available *Curve* sebagai berikut:



Gambar 4. 20 Available Curve

Langkah-langkah perhitungan pompa:

1. Input available Curve seperti ini:

Tabel 4. 24 Available Curve

H	Q
(m)	( $m^3/detik$ )
56	0
55	0.5
52.5	1
47.5	1.5
38	2.15
4	3.6
0	3.7

Sumber: Katalog Grundfos

2. Rencanakan System Curve dengan spesifikasi sebagai berikut:

$$f = 0,002$$

*Suction Head (Suc H) = 0,8 m*

*Static Head (Dis H) = 1 m*

*Panjang Pipa (L) = 3 m*

*Diameter Pipa (D) = 0,3 m*

Luas pipa bagian dalam

$$(A) = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 0,3^2 = 0,0707 \text{ m}^2$$

3. Menghitung kecepatan ( $v$ ) dengan rumus:

$$v = Q/A$$

4. Menghitung kehilangan energi ( $hf$ )

$$hf = \frac{fL}{D} \frac{v^2}{2g}$$

5. Menghitung total static head dengan rumus:

$$H = \text{SucH} + \text{DisH} + Hf$$

6. Hitung total head engan menginput berbagai  $Q$  seperti ini:

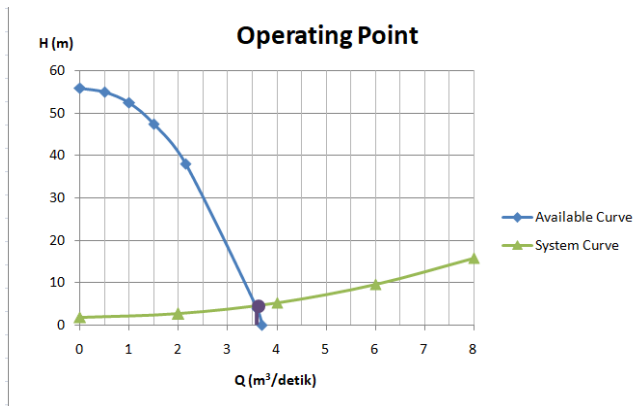
**Tabel 4. 25 System Curve**

$Q$ (m <sup>3</sup> /detik)	Suc H (m)	Dis H (m)	$v$ (m/detik)	$Hf$ (m)	$H$ (m)
0	0.80	1.00	0.00	0.00	1.80
2	0.80	1.00	28.29	0.87	2.67
4	0.80	1.00	56.59	3.49	5.29
6	0.80	1.00	84.88	7.85	9.65
8	0.80	1.00	113.18	13.95	15.75

*Sumber: Hasil Perhitungan.*

Catatan:  $Q$  diinput sedemikian rupa sehingga *System Curve* bisa berpotongan dengan *Available Curve*.

7. Sajikan data  $Q$  dan  $H$  dari *Available Curve* dan *System Curve* dalam satu grafik yang sama kemudian tarik *Operating Point* ke bawah, maka didapatkan debit operasionalnya sebagai berikut:



**Gambar 4. 21 Operating Point**

Dengan dipilihnya pompa ini yang dipasang sesuai dengan desain kemudian berdasarkan kondisi *available Curve* dan *System Curve* maka didapatkan debit efektif sebesar  $3,55 \text{ m}^3/\text{detik}$ .

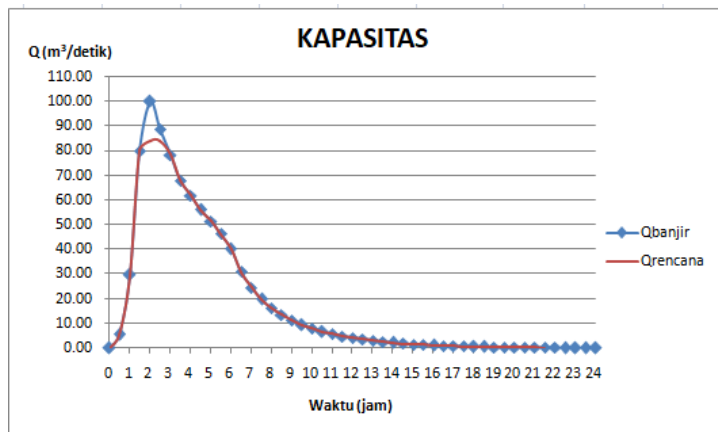
#### 4.6 Perhitungan Operasi Kolam Retensi

Langkah-langkah perhitungan operasi kolam retensi:

1. Menginput Debit Banjir
2. Menginput Kapasitas Rencana Sungai Tenggang
  - ✓ Kapasitas rencana tidak boleh melebihi kapasitas eksisting sungai Tenggang, karena jika melebihi maka sungai Tenggang akan meluap. Kapasitas rencana direncanakan sebagai berikut:
    - Apabila pada jam yang sama, debit banjir hidrograf lebih kecil dari pada kapasitas sungai Tenggang, maka digunakan debit banjir hidrograf sebagai debit rencana.
    - Apabila pada jam yang sama, debit banjir hidrograf lebih besar dari pada kapasitas eksisting sungai Tenggang, maka digunakan debit eksisting sungai Tenggang sebagai debit rencana.

Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada gambar berikut ini:





**Gambar 4. 22 Grafik Kapasitas**

3. Menghitung Debit Banjir yang Harus Disudet

Debit banjir yang harus disudet dihitung dengan cara mengurangkan debit banjir dengan kapasitas sungai. Berdasarkan hasil perhitungan, debit sudetan pada jam ke-2 adalah 16 m³/detik dan jam ke-2,5 adalah 4,9 m³/detik.

4. Menghitung Volume Banjir yang Harus Disudet

$$V_{n-1-n} = (Q_n - Q_{n-1})/2 \times (t_n - t_{n-1}) \times 3.600$$

Dengan:

$V_{n-1-n}$  = Volume banjir pada jam ke-n-1 sampai jam ke-n (m³)

$Q_n$  = Debit banjir pada jam ke-n

$Q_{n-1}$  = Debit banjir pada jam ke-n-1

$t_n$  = waktu ke-n (jam)

$t_{n-1}$  = waktu ke-n-1 (jam)

5. Menghitung Akumulasi Debit yang Harus Disudet

Volume Kumulatif dihitung dengan rumus:

$$Vk_n = \sum_i^n V_{n-1-n}$$

Dimana:

$Vk_n$  = volume kumulatif kolam retensi

$\sum_i^n V_{n-1-n}$  = jumlah volume debit banjir pada waktu ke-n

6. Menginput Debit Pompa

Pada perhitungan pompa pada Bab 4.5, didapatkan debit *Operating Point* 1,5 m<sup>3</sup>/detik

7. Menghitung Jumlah Pompa

Dengan menggunakan program *Microsoft Excel*, jumlah pompa dicari sedemikian rupa sehingga tidak ada deposit negatif (lihat poin 12).

8. Menghitung Operasi Total

Operasi total dihitung dengan mengalikan debit pompa dengan jumlah pompa.

9. Menghitung Volume Pompa

$$V_{n-1-n} = (Q_n - Q_{n-1})/2 \times (t_n - t_{n-1}) \times 3.600$$

Dengan:

$V_{n-1-n}$  = Volume banjir pada jam ke-n-1 sampai jam ke-n (m<sup>3</sup>)

$Q_n$  = Debit banjir pada jam ke-n

$Q_{n-1}$  = Debit banjir pada jam ke-n-1

$t_n$  = waktu ke-n (jam)

$t_{n-1}$  = waktu ke-n-1 (jam)

10. Menghitung Volume Akumulasi Debit Pompa

Volume Kumulatif dihitung dengan rumus:

$$Vk_n = \sum_i^n V_{n-1-n}$$

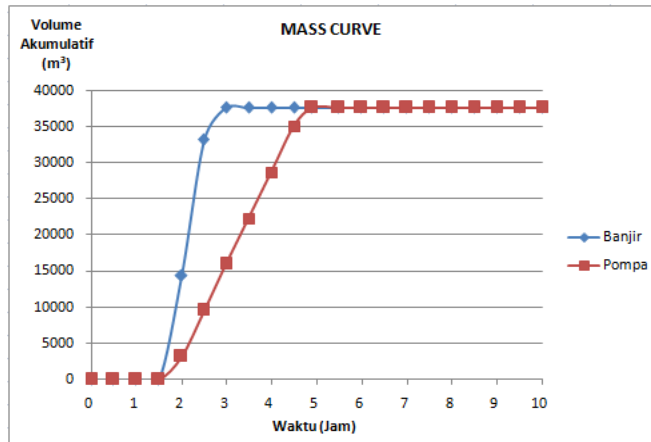
Dimana:

$Vk_n$  = volume kumulatif kolam retensi

$\sum_i^n V_{n-1-n}$  = jumlah volume debit banjir pada waktu ke-n

11. Menggambar *Mass Curve*

*Mass Curve* menggambarkan volume banjir akumulatif dan volume pompa akumulatif.



**Gambar 4. 23 Grafik Mass Curve**

## 12. Mencari Deposit

Deposit dihitung untuk mengetahui volume air di dalam kolam ketika pompa beroperasi. Deposit dihitung dengan mengurangi volume bajir kumulatif yang disudet dan volume pompa kumulatif. Apabila deposit positif, maka pompa dinyalakan, apabila deposit negatif, pompa dimatikan. Nilai deposit tertinggi menunjukkan jumlah tampungan kolam retensi. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada tabel berikut:

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*



**Tabel 4. 26 Pengoperasian Pompa**

Waktu	Debit Banjir	Debit Rencana	Debit Sudetan	Volume Sudetan	Volume Sudetan Akum	Debit Pompa	Jumlah Pompa	Operasi Total	Volume Pompa	Volume Pompa Akum	Deposit
(Jam)	(m <sup>3</sup> /detik)	(m <sup>3</sup> /detik)	(m <sup>3</sup> /detik)	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> /detik)		(m <sup>3</sup> /detik)	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )
0.5	0.00	0.00	0.00	0	0	3.55	0	0	0	0	0
1	5.63	5.63	5.63	0	0	3.55	0	0	0	0	0
1.5	29.70	29.70	29.70	0	0	3.55	0	0	0	0	0
2	80.04	80.04	80.04	0	0	3.55	0	0	0	0	0
2.5	100.00	84.00	100.00	14400	14400	3.55	1	3.55	3195	3195	11205
3	88.95	84.00	88.95	18854.5	33254.49	3.55	1	3.55	6390	9585	23667
3.5	78.51	78.51	78.51	4454.49	37708.97	3.55	1	3.55	6390	15975	21734
4	68.06	68.06	68.06	0	37708.97	3.55	1	3.55	6390	22365	15344
4.5	61.95	61.95	61.95	0	37708.97	3.55	1	3.55	6390	28755	8954
4.9	56.12	56.12	56.12	0	37708.97	3.55	1	3.55	6390	35145	2564
5.5	46.38	46.38	51.51	0	37708.97	3.55	0	0	2556	37701	7.9
6	40.14	40.14	46.38	0	37708.97	3.55	0	0	0	37701	7.9
6.5	30.95	30.95	0	0	37708.97	3.55	0	0	0	37701	0
7	24.62	24.62	0	0	37708.97	3.55	0	0	0	37701	0
7.5	19.75	19.75	0	0	37708.97	3.55	0	0	0	37701	0
8	16.28	16.28	0	0	37708.97	3.55	0	0	0	37701	0
8.5	13.50	13.50	0	0	37708.97	3.55	0	0	0	37701	0
9	11.27	11.27	0	0	37708.97	3.55	0	0	0	37701	0
9.5	9.43	9.43	0	0	37708.97	3.55	0	0	0	37701	0
10	7.94	7.94	0	0	37708.97	3.55	0	0	0	37701	0

*Sumber: Hasil Perhitungan*



*(halaman ini sengaja dikosongkan)*



Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, pompa dinyalakan selama 2,4 jam dari jam ke-2 hingga jam ke-4,9.

#### Dimensi Kolam Retensi

- ✓ Kedalaman kolam retensi  
Kedalaman kolam adalah selisih dari elevasi tanggul kolam dengan elevasi dasar kolam. Kedalaman kolam direncanakan 2m.
- ✓ Tinggi jagaan  
Tinggi jagaan kolam retensi direncanakan 0,8 m.
- ✓ Tinggi air  
Tinggi air adalah selisih elevasi muka air tertinggi dengan elevasi dasar kolam. Tinggi air juga sama dengan elevasi muka air tertinggi dikurangi elevasi dasar kolam. Tinggi air direncanakan 1,2 m.
- ✓ Dimensi kolam  
Dimensi kolam direncanakan dengan lebar 100 m dan panjang 236,7 m.

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil perhitungan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Debit banjir adalah  $100 \text{ m}^3/\text{detik}$  dan kapasitas sungai Tenggang adalah  $84 \text{ m}^3/\text{detik}$ .
2. Direncanakan sudetan dengan kapasitas  $16 \text{ m}^3/\text{detik}$
3. Pasangsurut air laut tidak berpengaruh sehingga tidak terjadi *back water*.
4. Direncanakan kolam retensi dengan kapasitas  $23.667 \text{ m}^3$
5. Direncanakan dua pompa dengan kapasitas  $3,55 \text{ m}^3/\text{detik}$

#### **5.2 SARAN**

Untuk pelaksanaannya, diberikan saran-saran sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan pengkajian ulang untuk menghitung stabilitas struktur.
2. Perlu dilakukan perencanaan pintu air.



*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR PUSTAKA

- Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil Kota Semarang.  
2017. (*Dispendukcapil.semarangkota.go.id*)
- Pemerintah Kota Semarang, 2011. (*www.semarangkota.go.id*)
- PU Cipta Karya, 2012. Tata Cara Penyusunan Rencana Induk  
Sistem Drainase Perkotaan (*ciptakarya.pu.go.id*)
- Soemarto, 1999. Hidrologi Teknik. Jakarta: Erlangga.
- Soewarno. 1995: Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk  
Analisa Data Jilid 1. Bandung: Nova.
- Suripin, 2004, Sistem Drainase Perkotaan yang  
Berkelanjutan. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Wesli, 2008, Drainase Perkotaan. Yogyakarta: Graha Ilmu.





*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BIODATA PENULIS



Penulis bernama Maria Benedicta Arsidina. Lahir di Surabaya, 29 Maret 1997, merupakan anak tunggal. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Tadika Puri Surabaya (2003-2005), SDN Dr. Soetomo V Surabaya (2005-2012), SMPN 32 Surabaya (2009-2012), SMAN 15 Surabaya (2012-2015). Pada

tahun 2015 penulis diterima di Jurusan D3 Teknik Sipil ITS dan terdaftar dengan NRP 3115030029 yang kini telah berganti menjadi 10111500000029. Penulis memiliki alamat e-mail [mariaarsidina@yahoo.com](mailto:mariaarsidina@yahoo.com). Pada semester ketiga, penulis mengambil konsentrasi Bangunan Air (Hydraulic Engineering). Selama masa perkuliahan, penulis aktif menjadi anggota Paduan Suara Mahasiswa ITS. Penulis juga pernah menjadi panitia D'village 6<sup>th</sup> edition sebagai anggota Hubungan Masyarakat (Humas).

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*